

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

POSOUZENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI RODINNÉHO DOMU

FAMILY HOUSE ENERGY REQUIREMENTS AUDIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAXMILIÁN HALATA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JAN FIŠER

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Maxmilián Halata

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Energetika, procesy a ekologie (3904R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Posouzení energetické náročnosti rodinného domu

v anglickém jazyce:

Family house energy requirements audit

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Energetická spotřeba budov ve vyspělých zemích představuje cca 40% celkové spotřeby energie. Vzhledem k tomuto významnému podílu je tedy nezbytné zabývat se snižováním této náročnosti a to jak hlediska ekonomického tak především z hlediska ekologického. Energetická náročnost budov je jednou z oblastí, kde lze pomocí relativně nenáročných opatření dosáhnout významných úspor energie, avšak různá opatření mají rozdílné investiční náklady a také následné přínosy k celkovým úsporám. Zhodnotit vhodnost jednotlivých opatření pro konkrétní objekt napomáhá nástroj pro Hodnocení energetické náročnosti budov, který je vytvořen v souladu s požadavky vyhlášky č.148/2007 Sb.

Cíle bakalářské práce:

Provést posouzení energetické náročnosti konkrétního rodinného domu a různých opatření/úprav (např. zlepšení regulace, výměna oken, zateplení, nucené větrání, změna zdroje tepla, výměna světelných zdrojů, využití alternativních zdrojů atd.), které mohou nejvíce přispět k snížení energetické náročnosti daného objektu. Audit bude proveden pomocí Národního kalkulačního nástroje energetické náročnosti budov (verze nástroje - nejvyšší "stabilní" verze v době zpracování práce).

Seznam odborné literatury:

[1] TYWONIAK J.: Nízkoenergetické domy, Grada 2005

[2] <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/> - hlavní stránky NKN

[3] KABELE K. a kol: Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (I-IV, série článků na www.TZB-Info.cz)

[4] URBAN M. a kol.: Výpočetní nástroj pro stanovení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 148/2007 Sb. (I-II), série článků na www.TZB-Info.cz

[5] RYŠAVÝ Z.: Software pro hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky č.148/2007 Sb., www.TZB-Info.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Fišer

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Práce pojednává o možnostech využití Národního kalkulačního nástroje energetické náročnosti budov ve smyslu vyhlášky č. 148/2007 Sb. při posouzení energetické náročnosti konkrétního rodinného domu. Na základě vyhodnocení současného stavu budovy je proveden návrh několika opatření vedoucích ke snížení její energetické náročnosti. V závěru jsou jednotlivá opatření zhodnocena z pohledu energetického, stavebně-konstrukčního a ekonomického.

Klíčová slova

Energetická náročnost budov, Národní kalkulační nástroj, nízkoenergetický dům, pasivní dům.

Abstarct

The bachelor's thesis is focused to possibilities of using National calculating tool of buildings energy requirements according to Czech government regulation no. 148/2007 Sb. The tool was applied to calculate energy requirements of chosen family house. Several types of house modifications which can reduce energy requirements are proposed based on results of the audit. Each modification of the house is analyzed from the energetic, construction and economic point of view.

Key words

Energy requirements of buildings, National calculating tool, low-energy houses, passive houses.

Bibliografická citace

HALATA, M. Posouzení energetické náročnosti rodinného domu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Fišer.

Prohlášení o původnosti práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Posouzení energetické náročnosti rodinného domu vypracoval samostatně, za použití odborné literatury a zdrojů, jejichž seznam je uveden na konci této práce.

30. dubna 2009

.....
Maxmilián Halata

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své práce, Ing. Janu Fišerovi, za ochotu, obětavost, cenné rady a užitečné připomínky, které významně napomohly k vytvoření této bakalářské práce.



Obsah

1. VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	11
2. HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV	11
3. NÁRODNÍ KALKULAČNÍ NÁSTROJ HODNOCENÍ ENB	13
3.1. Obecně o Národním kalkulačním nástroji	13
3.2. Popis vstupů do Národního kalkulačního nástroje	13
3.2.1. Rozdělení budovy do zón	14
3.2.2. Popis stavebních konstrukcí budovy	14
3.2.2.1. Součinitel prostupu tepla U	15
3.2.2.2. Plocha konstrukcí A	15
3.2.2.3. Redukční činitel prvků systémové hranice zóny b	16
3.2.2.4. Propustnost solární radiace u průsvitných prvků g	16
3.2.2.5. Korekční činitel rámu průsvitného prvku F	16
3.2.3. Vytápění a otopná soustava	16
3.2.4. Příprava teplé vody	17
3.2.5. Osvětlovací soustava	17
3.2.6. Další vstupy	17
4. POPIS ZVOLENÉ BUDOVY A JEJÍCH SYSTÉMŮ	18
4.1. Popis budovy	18
4.2. Energie dodávané do budovy	19
4.2.1. Elektřina	19
4.2.2. Zemní plyn	19
4.3. Otopná sezóna 2007 / 2008	19
4.4. Zónování budovy	20
4.5. Popis konstrukcí	21
4.5.1. Číselné hodnoty vstupů do NKN popisující stavební konstrukce	23
4.6. Popis otopné soustavy	26
4.6.1. Technické parametry zdroje tepla a regulace	26
4.6.2. Číselné hodnoty vstupů do NKN popisující otopnou soustavu	28
4.7. Příprava TV	29
4.7.1. Technické parametry průtokových ohříváčů vody	30
4.7.2. Číselné hodnoty vstupů do NKN popisující přípravu TV	31
4.8. Větrání	32
4.9. Osvětlovací soustava	32
5. POPIS ŘEŠENÝCH MODELOVÝCH SITUACÍ	32
5.1. Současný stav – varianta 0	32
5.2. Rozbor současného stavu a návrh zlepšujících opatření	35
5.2.1. Porovnání výpočtů NKN se skutečnou spotřebou energií	35
5.3. Varianta 1 – zateplení budovy	36
5.3.1. Tepelné mosty	36
5.4. Varianta 2 – výměna oken	39
5.5. Varianta 3 – kombinace zateplení a výměny oken	42
6. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	44
6.1 Varianta 1 – zateplení objektu	44
6.1.1. Energetické hledisko	44
6.1.2. Stavebně – konstrukční hledisko	44
6.1.3. Ekonomické hledisko	45
6.2. Varianta 2 – výměna oken	47
6.2.1. Energetické hledisko	47
6.2.2. Stavebně – konstrukční hledisko	47
6.2.3. Ekonomické hledisko	47
6.3. Varianta 3 – kombinace zateplení a výměny oken	48
6.3.1. Energetické hledisko	48
6.3.2. Stavebně – konstrukční hledisko	48
6.3.3. Ekonomické hledisko	48
7. ZÁVĚR	49

Obsah

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A FYZIKÁLNÍCH VELIČIN	52
10. SEZNAM PŘÍLOH	53
11. PŘÍLOHA Č. 2: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	54



1. Vymezení cílů práce

Cílem této bakalářské práce je provést posouzení energetické náročnosti konkrétního rodinného domu a na praktickém příkladě se tak seznámit s metodikou hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a dále demonstrovat použití softwaru vyvinutého k tomuto účelu, tzv. Národního kalkulačního nástroje energetické náročnosti budov. Na základě zjištěných výsledků pak navrhnout opatření snižující energetickou náročnost budovy.

2. Hodnocení energetické náročnosti budov

Snižování energetické náročnosti budov je problematika řešitelná různými technickými a stavebními opatřeními, která jsou aktivně rozvíjena od 80. let 20. století. Jedná se zejména o použití technicky pokročilých stavebních materiálů a prvků (okna), moderních technických zařízení budov (tzv. „TZB“) a celkově vhodnou koncepcí budovy uzpůsobenou nízké spotřebě energie, která by měla být pokryta převážně z obnovitelných zdrojů energie. Budovy, ve kterých jsou tato opatření aplikována se pak označují jako nízkoenergetické, popřípadě pasivní. Rozvoj této tzv. nízkoenergetické výstavby započal v německy mluvících zemích, zejména v Rakousku a postupně se rozšiřuje do zbytku Evropy, tedy i do ČR. Příkladem jsou domy „W“ a „F“ nedaleko Prahy, Středisko ekologické výchovy Sluňákov poblíž Olomouce, projekt výstavby pasivních rodinných domů zvaný Sluneční ulice v Hradčanech na Tišnovsku a celý soubor nízkoenergetických rodinných domů v obci Koberovy, kde se nachází i tzv. nulový dům. Více se problematice nízkoenergetických a pasivních domů věnují ve svých publikacích autoři Srdečný [1] a Tywoniak [2, 3].

Ke snižování spotřeby energie v oblasti výstavby budov a tím i k úspornějšímu využívání neobnovitelných zdrojů energie a šetrnějšímu přístupu k životnímu prostředí se zavázala na evropské úrovni v roce 2002 Evropská komise vydáním směrnice 2002/91/EC „O energetické náročnosti budov“.

V České republice se tato směrnice aplikuje do právního řádu zákonem č. 406/2006 Sb. „Zákon o hospodaření energií“ (dále jen „zákon“), který stanovuje od 1. 1. 2009 povinnost vystavit průkaz energetické náročnosti budov (dále jen „ENB“) pro většinu budov. Průkaz ENB hodnotí budovu, na rozdíl od dříve používaných způsobů hodnocení, komplexně, a proto zahrnuje všechny energie dodané do budovy pro všechny její energetické systémy.

Energetická náročnost budov byla před účinností zákona již dříve regulována především normami. Jako příklad lze uvést ČSN 73 0540 „Tepelná ochrana budov“, ČSN EN 5217:2008-02 - Energetická náročnost budov - Metody pro vyjádření energetické náročnosti budov a pro energetickou certifikaci budov, ČSN EN 15232:2008-02 - Energetická náročnost budov - Vliv automatizace, řízení a správy budov, ČSN EN 15603:2008-06 - Energetická náročnost budov - Celková potřeba energie a definice energetických hodnocení. Dále se kromě norem uplatňoval také systém energetických auditů (EA) podle vyhlášky č. 213/2001 Sb., jejichž účelem byl kvalitativní popis energetického stavu sledovaného objektu. O energetických auditech více pojednává článek [4].

Kromě EA se, jak uvádí článek [12], ENB hodnotila také pomocí energetického průkazu budovy, který ale hodnotil pouze potřebu tepla na vytápění, což je z pohledu nové legislativy nedostačující. Duplicitním vyjádřením informace obsažené v energetickém průkazu budovy byl nepovinný energetický štítek, který vycházel z normy ČSN 73 0540.



S platností od 1. 1. 2009 byly tedy pro svůj nekomplexní přístup k hodnocení energetické náročnosti budov energetický průkaz budovy a energetický štítek nahrazeny průkazem ENB podle zákona.

Podrobnosti ke stanovení průkazů ENB uvádí např. článek [12] vycházející z vyhlášky takto:

Průkaz ENB bude muset být součástí dokumentace při výstavbě nových budov a při větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1 000 m², které ovlivňují jejich energetickou náročnost. Dále musí být průkaz ENB stanoven při prodeji nebo nájmu budovy nebo její části. Zákon také pamatuje v §6a odst. 8 na případy, kdy průkaz ENB zhotoven být nemusí. Jsou to především obytné budovy, které jsou určeny k užívání kratšímu než čtyři měsíce v roce, samostatně stojící budovy o celkové podlahové ploše menší než 50 m², dočasné budovy s plánovanou dobou užívání kratší než 2 roky a mnohé další.

Zákon také stanovuje, že průkaz ENB bude obsahovat dvě části:

- Grafické znázornění průkazu ENB. Toto znázornění zařazuje budovu do tříd ENB podle barevné stupnice. Více o zařazení do třídy ENB bude řečeno v následující kapitole této práce.
- Protokol průkazu ENB, který popisuje formou vyplněného formuláře budovu jak po stránce stavební a jejích tepelně technických parametrů, tak po stránce jednotlivých energetických systémů, včetně tříd energetické náročnosti pro jednotlivé energetické systémy, pokud jsou v budově osazeny.



3. Národní kalkulační nástroj hodnocení ENB

3.1. Obecně o Národním kalkulačním nástroji

Zatímco zákon č. 406/2006 Sb. vystavení průkazu ENB pouze nařizuje, způsob jeho zhotovení a celou metodiku určení ENB popisuje vyhláška č. 148/2007 Sb. (dále jen „vyhláška“) „O energetické náročnosti budov“. Stanovení ENB je komplexní výpočet spočívající v interakci mezi částmi budovy (zónami) v kombinaci s jednotlivými energetickými systémy. Protože je tento výpočet velice rozsáhlý a je prakticky nemožné jej provádět ručně, používá se ke stanovení ENB (mimo jiných i) Národní kalkulační nástroj hodnocení Energetické náročnosti budov (dále jen „NKN“). Tento software byl vyvinut na Katedře technických zařízení budov Fakulty stavební ČVUT v Praze v kolektivu vedeném Prof. Ing. Karlem Kabelem, CSc. a odpovídá znění vyhlášky. V době zpracování této práce byla nejvyšší stabilní verze NKN 2.6. O jiných výpočetních nástrojích než NKN pojednává např. Ing. Ryšavý v článku [8] a Doc. Svoboda [10].

Pro určení hodnoty ENB je v NKN nutno budovu popsat vstupy, které budeme dále podrobně rozebírat v další části této kapitoly. Na základě těchto vstupů provede NKN výpočet a zařadí budovu do jedné ze 7 tříd ENB. Třídy ENB jsou označeny barevně, slovně a pomocí písmen A až G. Z hlediska vyhlášky jsou třídy A až C vyhovující a třídy D až G jsou nevyhovující, nepřipustné (příčemž projekty nebo rekonstrukce budov s hodnocením D až G nemohou získat stavební povolení). Jako hodnotící kritérium pro zařazení budovy do třídy ENB se používá hodnota měrné roční spotřeby dodané energie vyjádřená v $\text{kWh m}^{-2} \text{rok}^{-1}$, která v sobě zahrnuje všechny druhy energií pro veškeré energetické a TZB systémy budovy. Podle této hodnoty pak NKN porovnává posuzovaný objekt se dvěma referenčními budovami. Jedna referenční budova představuje budovu s doporučenými referenčními ukazateli a druhá budova představuje budovu stávající požadované úrovně [12]. Přesné rozdělení tříd ENB podle hodnot měrné roční spotřeby dodané energie stanovuje na základě typu budovy opět vyhláška. Podrobněji jsou problematice hodnocení ENB pomocí NKN věnovány články [8, 12, 13].

3.2. Popis vstupů do Národního kalkulačního nástroje

Tato kapitola obecně pojednává o parametrech a údajích, které je potřeba shromáždit a posléze zadat do NKN, aby bylo možné provést výpočet ENB. Protože je práce zaměřena na výpočet energetické náročnosti konkrétního rodinného domu, bude i tato kapitola zaměřena především na oblast údajů a parametrů obvyklých při výpočtu en. náročnosti budov obdobného typu.

Konkrétní hodnoty uvedených vstupů jsou uvedeny v příslušných částech kapitoly 4. Popis zvolené budovy a jejích systémů.



3.2.1. Rozdělení budovy do zón

Z hlediska provedení výpočtu energetické náročnosti budovy pomocí NKN je třeba budovu rozdělit do zón. Rozdělení budovy do zón popisuje článek [13] takto:

Zónování je geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části vyznačující se specifiky ovlivňující výslednou výši potřeby a spotřeby energie. Zóny je třeba vzájemně odlišit, jinak řečeno vyhodnotit odděleně, ovšem za předpokladu vzájemné interakce. Budova, nebo její část je zónou, pokud:

- Je zásobována ze stejné skladby energetických systémů budovy, nebo
- Má různé užívání v souladu se standardizovanými podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanovenými v platných technických normách a jiných předpisech.

Pro potřeby NKN je dále nutno každou zónu popsat následující parametry:

- Profil užívání zóny – podle předpokládaného stavu.
- Vnější objem zóny $V_{a,z}$ [m^3] – z výkresové dokumentace.
- Celková plocha zóny vymezená vnějšími konstrukcemi $A_{f,z}$ [m^2] – z výkresové dokumentace.
- Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného vnějšího objemu zóny P [%] – z výkresové dokumentace.
- Počet osob v zóně $n_{p,z}$ – podle skutečného nebo předpokládaného stavu.
- Vnitřní tepelná kapacita zóny $C_{m,z}$ [$\text{MJ m}^{-2} \text{K}^{-1}$] – volba z přednastavených hodnot v NKN.

Vnitřní výpočtové teploty jednotlivých zón lze stanovit podle ČSN 06 0210, viz [11] a [15].

3.2.2. Popis stavebních konstrukcí budovy

Z hlediska metodiky výpočtu energetické náročnosti budov NKN je potřeba popsat jednotlivé stavební konstrukce budovy.

Konstrukce musí být popsány:

- Tepelně izolačními vlastnostmi, tj. součinitelem prostupu tepla U [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$].
- Rozměry, tj. plochou A [m^2].
- Orientací vůči světovým stranám.
- Sklonem konstrukce.
- Redukčním činitelem prvku systémové hranice zóny b [-].
- Příslušností konstrukce k zóně budovy.
- Vnějšími prostředím za konstrukcí.

U prosklených konstrukcí se musí dále stanovit prostupnost solární radiace pro kolmý dopad solární radiace g a korekční činitel rámu průsvitného prvku F .

3.2.2.1. Součinitel prostupu tepla U

Součinitel prostupu tepla U se obecně stanoví podle následujícího vztahu:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_N + R_{se}} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (1)$$

Kde:

- R_{si} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, podle [6] lze volit hodnoty: $0,25 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ pro neprůsvitné svislé konstrukce, $0,13 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ pro výplně otvorů, pro vodorovné konstrukce: $0,10 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ pro tepelný tok nahoru a $0,17 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$ pro tepelný tok dolů.
- R_N je tepelný odpor konstrukce určený podle [6], který se obecně vypočte následujícím vztahem:

$$R_N = \sum_{i=1}^j \frac{d_i}{\lambda_i} [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}] \quad (2)$$

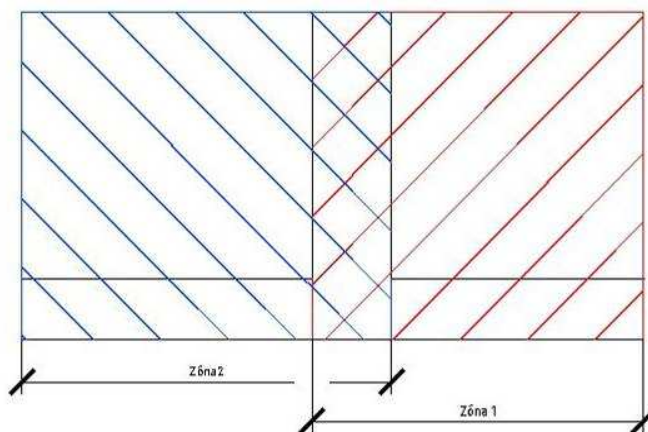
Kde d_i je tloušťka vrstvy konstrukce a λ_i je tepelná vodivost vrstvy konstrukce.

- R_{se} je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, jehož hodnotu lze podle [6] volit pro zimní období $0,04 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$.

Pro praktické výpočty součinitele prostupu tepla byl využit výpočetní nástroj [6], který umožňuje nejen samotný výpočet součinitele prostupu tepla, ale obsahuje také databázi základních stavebních materiálů včetně jejich tepelné izolačních vlastností.

3.2.2.2. Plocha konstrukcí A

Plocha jednotlivých konstrukcí se vypočte na základě rozměrů z výkresové dokumentace nebo rozměrů získaných z měření. Za rozměry konstrukcí se přitom uvažují celkové vnější rozměry konstrukcí (viz Obrázek 1).



Obrázek 1: Způsob určení rozměrů konstrukcí pro výpočet plochy



3.2.2.3. Redukční činitel prvků systémové hranice zóny **b**

Tento redukční činitel popisuje redukci tepelného toku z hodnocené zóny do exteriéru přes nevytápěnou zónu. Je-li jeho hodnota nulová, znamená to, že je přes takto definovanou konstrukci tepelný tok nulový, čehož lze například využít při popisu konstrukcí sousedících s okolními domy za předpokladu stejných tepelných podmínek v okolních stavbách. Hodnoty redukčních činitelů prvků systémové hranice zóny **b** se stanovují výpočtem podle normy ČSN EN 13 789. V našem případě byly však pro jednoduchost voleny hodnoty pro jednotlivé konstrukce na základě hodnot volených v článku [13].

3.2.2.4. Propustnost solární radiace u průsvitných prvků **g**

Hodnoty propustnosti solární radiace u průsvitných prvků **g** byly voleny podle technických parametrů udávaných výrobcem 0,9 .

3.2.2.5. Korekční činitel rámu průsvitného prvku **F**

Tento korekční činitel vyjadřuje podíl plochy zasklení k celkové ploše okna. Stanovuje se podle ČSN EN ISO 10 077-1, nebo se volí hodnota 0,7 pro výpočet potřeby energie na vytápění, resp. 0,8 pro výpočet potřeby energie na chlazení. V NKN se doporučuje zadávat průměrnou hodnotu 0,75.

3.2.3. Vytápění a otopná soustava

Pro potřeby výpočtu energetické náročnosti budovy pomocí NKN je nezbytné zadat několik parametrů, které popisují zdroj tepla pro vytápění a otopnou soustavu.

Jsou to především tyto:

- Účinnost výroby energie zdrojem $\eta_{H, sys}$. Tato hodnota se volí na základě údajů od výrobce zdroje nebo se použijí typické hodnoty pro daný zdroj.
- Účinnost regulace zdroje energie $\eta_{H, ctrl, sys}$. Stanoví se na základě výběru jedné z možností (automatická nebo ruční) přednastavené nabídky NKN.
- Typ čerpadla. Výběr z přednastavené nabídky v NKN (jednootáčkové, tříotáčkové nebo s proměnnými otáčkami).
- Instalovaný příkon čerpadel systému vytápění $P_{H, sys, p}$ [W]. Určí se z údajů od výrobce čerpadla.
- Příslušnost zdroje vytápění k zóně. Tento údaj nabývá hodnot od 0% do 100% (0% pro nevytápěnou zónu a 100% pro plně vytápěnou zónu) a určuje rozdělení toku energie, pokud je zóna napojena na více zdrojů energie.

Kromě výše uvedených údajů je v NKN možno popsat i jiné zdroje tepla pro vytápění, než kotle. Jsou jimi tepelné čerpadlo a kogenerační jednotka. Každý z nich je potřeba definovat jinými specifickými údaji, ale vzhledem k faktu, že námi posuzovaný objekt tyto technologie nevyužívá je zde nebudeme podrobně rozebírat.



3.2.4. Příprava teplé vody

Pro provedení výpočtu Národním kalkulačním nástrojem je potřeba popsat systém přípravy TV následujícími parametry:

- Příprava TV ze zdroje. Volí se zdroj přípravy TV buď z přednastavené nabídky, nebo zdroj, který byl definován v části vytápění a otopná soustava.
- Jmenovitý příkon pro ohřev TV [kW]: Hodnoty pro jednotlivé ohřívače se zjišťují z údajů od výrobce.
- Objem zásobníku TV [l].
- Účinnost příslušného systému distribuce TV $\eta_{w,sys,dis}$ [%].
- Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému přípravy TV $\eta_{w,sys,em}$ [%].
- Roční potřeba teplé vody q_w [m³ rok⁻¹].
- Teplota teplé vody ve zdroji přípravy $\theta_{H,h}$ [°C].
- Instalovaný elektrický příkon čerpadel systému přípravy teplé vody $P_{w,p,sys}$ [W].
- Typ čerpadla.

3.2.5. Osvětlovací soustava

Zadáva se celkový příkon osvětlovací soustavy objektu, nebo pokud není znám vychází se ze standardizovaných profilů užívání jednotlivých zón. NKN obsahuje celkově 50 předdefinovaných profilů užívání, které zahrnují nejrozličnější způsoby užívání prostor od bytů, přes hotely až pro sportovní, kulturní, či zdravotnická zařízení.

3.2.6. Další vstupy

V NKN je dále možné popsat podobným způsobem i další technická zařízení budov a jejich systémy, jako je chlazení, zdroje chladu, vzduchotechnická zařízení a obnovitelné zdroje energie. Bližší informace k popisu těchto zařízení v NKN lze nalézt v [12] a [13].

4. Popis zvolené budovy a jejích systémů

4.1. Popis budovy

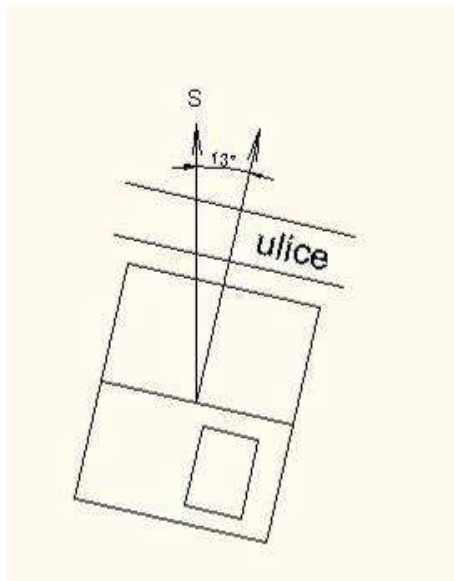
Jedná se o rodinný řadový dvoupodlažní dům se sedlovou střechou v severní části města Brna postavený na přelomu 20. a 30. let 20. století. V domě jsou dvě identické bytové jednotky, a malá půdní vestavba realizovaná v roce 1975. Garáž, vybudovaná v roce 1964, je umístěna v suterénních prostorách, které jsou částečně nad úrovní terénu. Rozdělení budovy do zón je detailně popsáno v kapitole 4.4. Zónování budovy. Na stavbu domu byly použity stavební materiály běžně používané v době vzniku stavby, tj. hlavně plné pálené cihly. Podrobnější popis použitých materiálů a vlastnosti konstrukcí jsou uvedeny v kapitole 4.5 Popis konstrukcí. V období let 1999 až 2002 byla vyměněna původní zdvojená dřevěná okna za plastová a v roce 2008 byla provedena rekonstrukce střešní krytiny. Dům není zateplen, ani v něm nejsou použity technologie obnovitelných zdrojů energie (OZE). Spotřeba energie v budově je uvedena v kapitole 4.2., jednotlivé energetické systémy budovy jsou popsány v kapitolách 4.6. až 4.9.



Obrázek 2: Celkový pohled ze severu



Obrázek 3: Celkový pohled z jihu



Obrázek 4: Orientace budovy vůči světovým stranám



4.2. Energie dodávané do budovy

Údajů o skutečné spotřebě energií v budově za uvažované období cca 1 roku bude využito později při porovnání výpočtu provedeného NKN s těmito údaji. K ověření jejich reprezentativnosti bude použito srovnání uvažované otopné sezóny s dlouhodobým průměrem pomocí metody denostupňů.

Jako referenční údaje pro výpočet denostupňů byla využita data ČHMÚ z meteorologické stanice Brno – Kroftova.

4.2.1. Elektřina

Dodavatel: E.ON

Tarif: D02d

Hlavní jistič: 3 x 25 A

Období: 2.3.2007 – 22.2.2008

Spotřeba v období: 3,333 MWh

Celková cena vč. paušálu: 14 042,33 Kč, vč. DPH.

Průměrná cena za 1 kWh: 4,21 Kč.

4.2.2. Zemní plyn

Dodavatel: JMP

Období: 8.5.2007-19.5.2008

Spotřeba v období: 26 131,07 kWh

Celková cena: 27 895, 03 Kč, vč. DPH.

Průměrná cena za 1 kWh: 1,06 Kč.

4.3. Otopná sezóna 2007 / 2008

Tabulka 1: Počet denostupňů v otopné sezóně 2007 / 2008 v Brně

Měsíc	Zadané období			Normál 2000 - 2007		
	Denostupně D ₂₁		Průměrná teplota	Denostupně D ₂₁		Průměrná teplota
	[D . K]	[dny]	[°C]	[D . K]	[dny]	[°C]
9/2007	169,20	18	12,9	81,66	8	15,5
10/2007	351,20	26	8,6	293,56	24	10,1
11/2007	528,40	30	2,9	458,90	30	5,2
12/2007	632,10	31	0,1	655,24	31	-0,7
1/2008	547,80	30	2,0	639,96	30	-1,1
2/2008	500,40	29	3,1	572,83	29	0,6
3/2008	495,60	31	4,6	495,01	31	4,3
4/2008	271,00	24	10,4	272,13	23	10,2
5/2008	65,80	8	15,9	77,86	7	15,7
Celkem	3561,50	227	6,7	3547,14	213	6,6

Z tabulky 1 vyplývá, že otopná sezóna 2007 / 2008 byla v průměru o 0,1 °C celsia teplejší než dlouhodobý průměr. Rozdíl v počtu denostupňů představuje pouhá 0,4 % a otopnou sezónu 2007 / 2008 lze tak považovat za typickou, tzn. spotřebu zemního plynu a elektrické energie v jejím průběhu lze považovat za reprezentativní.

4.4. Zónování budovy

Budova posuzovaného rodinného domu byla rozdělena do pěti zón (viz obr. 5 až 8). Zóna 1 jsou bytové jednotky, jde o vytápěnou zónu popsanou v rámci NKN standardizovaným profilem užívání označeným: Rodinný dům - normový byt. Zónu 2 tvoří půdní vestavba. Jde též o vytápěnou zónu popsanou stejným profilem užívání, ale s menší tepelnou kapacitou než zóna 1. Zónou 3 je nevytápěné schodiště, pro něž je definován vlastní profil užívání, který vychází v rámci NKN z profilu: Rodinný dům - ostatní místnosti, ovšem s jinou vnitřní výpočtovou teplotu, která je 15 °C a je definována jako neobytná a měrnou jednotku je namísto osob plocha. Zónou 4 je popsána nevytápěná půda s obdobně definovaným vlastním profilem užívání jako zóna 3. Zónu 5 tvoří nevytápěný sklep, částečně zasahující nad úroveň terénu. I ten má obdobně jako zóny 3 a 4 definován vlastní profil užívání s ohledem na požadovanou vnitřní výpočtovou teplotu.

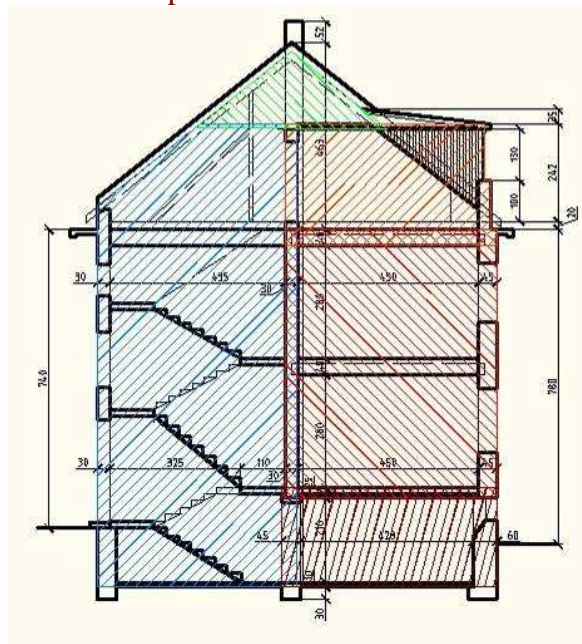
Vše názorně shrnuje následující tabulka:

Tabulka 2: Vstupy do NKN - popis zón

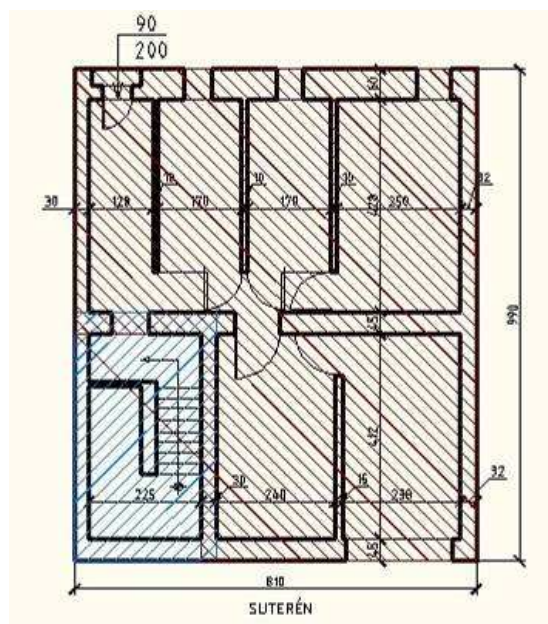
Zóna - název	$V_{a,z}$ (m ³)	$A_{r,z}$ (m ²)	P [%]	$n_{p,z}$	$C_{m,z}$ (MJ/m ² K)	Vnitřní výpočtová teplota podle [11] (°C)
1 - Byty	452,80	112,92	37	5	370	21
2 - Půdní vestavba	57,27	35,36	35	1	110	21
3 - Schodiště	149,18	42	56	0	370	15
4 - Půda	150,60	104,4	30	0	370	-3
5 - Sklep	167,92	54,52	36	0	370	0

Názorné vyobrazení zón poskytují následující obrázky:

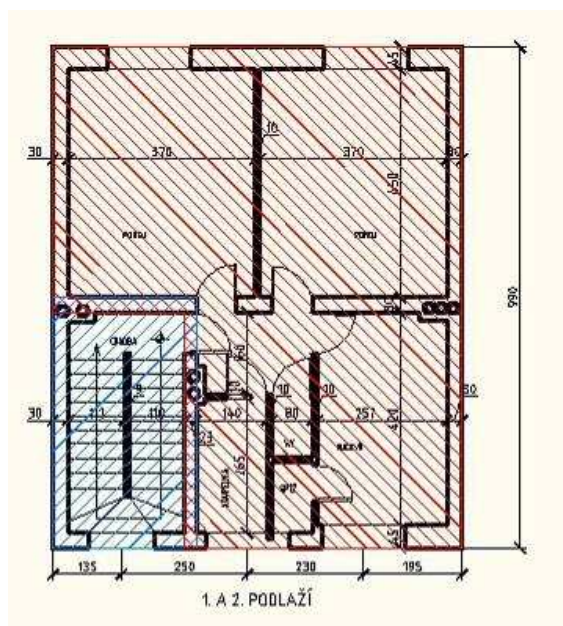
Vysvětlivky: **Zóna 1 - Byty**, **Zóna2 - Půdní vestavba**, **Zóna 3 - Schodiště**, **Zóna 4 - Půda**, **Zóna 5 - sklep**.



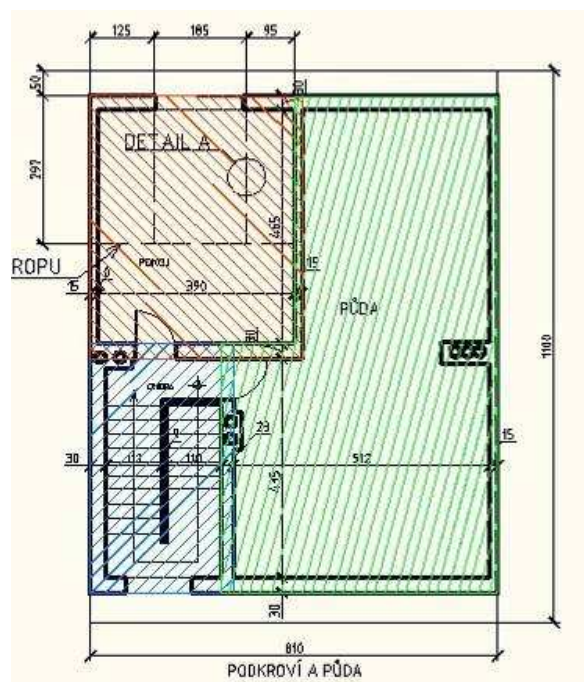
Obrázek 5: Zobrazení zón, vertikální řez sever-jih



Obrázek 6: Zobrazení zón, řez suterénem



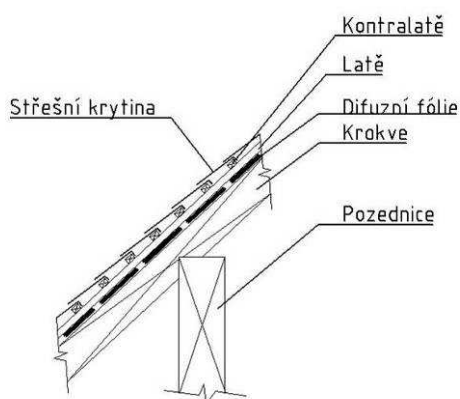
Obrázek 7: Zobrazení zón, řez 1. a 2. podlažím



Obrázek 8: Zobrazení zón, řez podkrovím

4.5. Popis konstrukcí

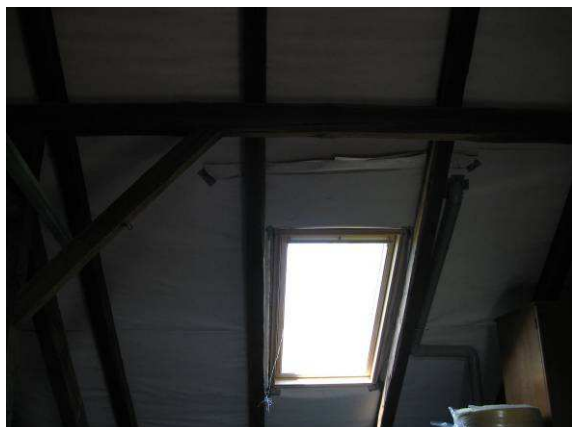
Při výstavbě domu byly užity stavební materiály běžně dostupné v době stavby. Obvodové stěny tloušťky 30/45/60 cm a nosné stěny i příčky jsou z plných pálených cihel, s vnější břizolitovou omítkou o tloušťce zhruba 2 cm a vnitřní vápenné omítky tloušťky zhruba 1 cm. Stěny sousedící s okolními domy zvenčí omítnuty nejsou, přiléhají těsně ke stěnám sousedních domů bez vzduchové mezery. Strop suterénu je z betonu, tl. 25 cm a je vyztužen ocelovými nosníky profilu I. Ostatní stropy jsou tvořeny z dřevěných trámů, desek a vrstvy betonu (tl. cca 5 cm) o celkové tloušťce 40 cm. Obvodové zdi půdní vestavby tvoří cihly CpD-2 a bloky CDKL, částečně také dřevěné lišty a heraklitové desky (podrobněji viz výkresová dokumentace). Víkyř půdní vestavby je z vnější strany oplechován zinkovým plechem. Střecha je pokryta pálenými taškami Tondach, typ Brněnka 14, tloušťky 22 mm. Pojistná hydroizolace je provedena difúzní fólií Du Pont Tyvek Solid



Obrázek 9: Detail krovu – řez



Obrázek 10: Detail střešního okénka



Obrázek 11 a 12: Detail provedení krovu a pojistné hydroizolace



Obrázek 13 : Detail vnitřních dveří



Obrázek 14: Detail dveří do zahrady



Obrázek 15 a 16: Detail sklepních okének



4.5.1. Číselné hodnoty vstupů do NKN popisující stavební konstrukce

Tabulka 3: Vstupy do NKN - popis stavebních konstrukcí, pokračování na dalších stranách

Název	U[W/m ² k]	g [-]	A [m ²]	b [-]	F [-]	Sousedící prostředí
Zóna 1						
Obvodová stěna, tl. 30 cm, S, J	1,35	0,00	32,18	1,00	0,00	Exteriér
Obvodová stěna, tl. 45 cm, S, J	1,02	0,00	53,87	1,00	0,00	Exteriér
Stěna sousedící s okolními domy, Z, V	0,70	0,00	103,50	0,00	0,00	Sousední domy
Obvodová stěna, tl. 23 cm	1,56	0,00	32,92	0,29	0,00	Zóna 3
Obvodová stěna, tl. 30 cm	1,33	0,00	18,82	0,29	0,00	Zóna 3
Podlaha, tl. 25 cm	2,72	0,00	68,50	0,29	0,00	Zóna 5
Strop, tl. 40 cm	1,74	0,00	22,05	0,29	0,00	Zóna 2
Strop, tl. 40 cm	1,74	0,00	47,28	0,29	0,00	Zóna 4
Okna, jih	2,10	0,90	9,97	1,15	0,75	Exteriér
Okna, sever	2,10	0,90	8,72	1,15	0,75	Exteriér
Dveře dřevěné	2,00	0,00	3,40	0,30	0,00	Zóna 3
Zóna 2						
Stěna sousedící s okolními domy, Z, V	0,70	0,00	34,68	0,00	0,00	Sousední domy
Obvodová stěna, tl. 15 cm	1,96	0,00	12,50	0,29	0,00	Zóna 4
Obvodová stěna, tl. 30 cm	1,33	0,00	8,55	0,29	0,00	Zóna 3
Podlaha, tl. 60cm	0,36	0,00	22,05	0,29	0,00	Zóna 1
Strop, tl. 14 cm	1,25	0,00	9,58	0,29	0,00	Zóna 4
Strop, tl. 14 cm	1,25	0,00	6,39	1,00	0,00	Exteriér
Opláštění vikýře, tl. 14 cm	1,59	0,00	5,40	1,00	0,00	Exteriér
Okno, jih	2,10	0,90	1,86	1,15	0,75	Exteriér
Dveře dřevěné	2,00	0,00	1,52	0,30	0,00	Zóna 3



Tabulka 3-pokračování: Vstupy do NKN - popis stavebních konstrukcí

Název	U[W/m ² K]	g [-]	A [m ²]	b [-]	F [-]	Sousedící prostředí
Zóna 3						
Obvodová stěna, tl.30 cm, S	1,35	0,00	20,94	1,00	0,00	Exteriér
Obvodová stěna, tl.30 cm, S	1,35	0,00	4,95	0,57	0,00	Zemina
Stěna sousedící s okolními domy, Z, V	0,70	0,00	54,74	0,00	0,00	Sousední domy
Obvodová stěna, tl. 30 cm	1,33	0,00	18,82	0,29	0,00	Zóna 1
Obvodová stěna, tl. 30 cm	1,33	0,00	8,55	0,29	0,00	Zóna 2
Obvodová stěna, tl. 23 cm	1,56	0,00	32,92	0,29	0,00	Zóna 1
Obvodová stěna, tl. 23 cm	1,56	0,00	11,63	1,00	0,00	Zóna 5
Podlaha, tl. 10 cm	3,66	0,00	14,31	0,40	0,00	Zemina
Střešní krytina, tl. 22cm, S, 45°	1,58	0,00	9,53	1,00	0,00	Exteriér
Okna, sever	2,10	0,90	2,93	1,15	0,75	Exteriér
Vchodové dveře, S	2,04	0,80	3,69	1,18	0,7	Exteriér
Dveře dřevěné	2,00	0,00	1,52	0,30	0,00	Zóna 2
Dveře dřevěné	2,00	0,00	3,40	0,30	0,00	Zóna 1
Dveře dřevěné	2,00	0,00	1,52	0,29	0,00	Zóna 5
Dveře ocelové	3,45	0,00	1,59	0,29	0,00	Zóna 4



Tabulka 3-pokračování: Vstupy do NKN - popis stavebních konstrukcí

Název	U[W/m ² K]	g [-]	A [m ²]	b [-]	F [-]	Sousedící prostředí
Zóna 4						
Stěna sousedící s okolními domy, Z	0,70	0,00	17,75	0,00	0,00	Sousední domy
Obvodová stěna, tl.15 cm	1,96	0,00	12,50	0,29	0,00	Zóna 2
Střešní krytina, tl. 22cm, S, J, 45°	1,58	0,00	73,73	1,00	0,00	Exteriér
Podlaha, tl.40cm	1,74	0,00	47,28	0,29	0,00	Zóna 1
Okno Velux	1,50	0,90	1,09	1,15	0,75	Exteriér
Dveře ocelové	3,45	0,00	1,59	0,29	0,00	Zóna 3
Zóna 5						
Obvodová stěna, tl.30 cm	1,35	0,00	5,50	1,00	0,00	Exteriér
Obvodová stěna, tl.30 cm	1,35	0,00	9,63	0,57	0,00	Zemina
Stěna sousedící s okolními domy, Z	0,70	0,00	40,60	0,00	0,00	Sousední domy
Obvodová stěna, tl.60cm	0,82	0,00	9,32	1,00	0,00	Exteriér
Obvodová stěna, tl.60cm	0,82	0,00	10,94	0,57	0,00	Zemina
Obvodová stěna, tl. 23 cm	1,56	0,00	11,63	1,00	0,00	Zóna 3
Podlaha, tl. 10 cm	3,66	0,00	68,50	0,40	0,00	Zemina
Strop, tl. 25 cm	2,72	0,00	68,50	0,29	0,00	Zóna 1
Dveře dřevěné	2,00	0,00	1,52	0,29	0,00	Zóna 3
Dveře do zahrady, J	2,24	0,90	2,02	1,15	0,75	Exteriér
Vrata od garáže, ocelová	3,45	0,00	3,71	1,15	0,00	Exteriér

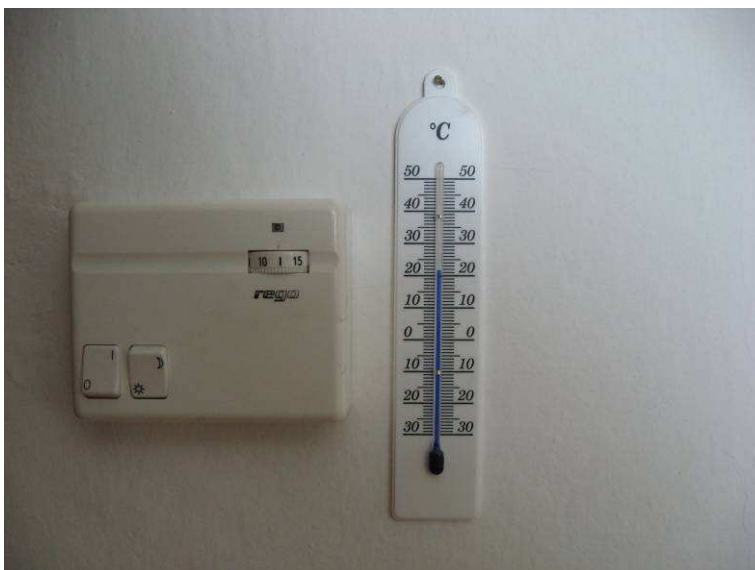
Jako hodnoty součinitele prostupu tepla pro okna a dveře byly použity normalizované hodnoty podle článku [9].

4.6. Popis otopné soustavy

Vytápění objektu zajišťuje plynový kotel Gasex U 23. Otopná soustava je dvoutrubková, se samotížným oběhem. Jako otopná tělesa slouží klasické ocelové žebrové radiátory, umístěné pod okny vytápěných místností, které jsou vybaveny pouze uzavíracími ventily. Regulace kotle je dvoustavová (kotel je buď vypnutý, nebo pracuje na plný výkon) a je realizována pokojovým termostatem Kovopol – Rego řady 972 umístěném v přízemním bytě. Nastavení termostatu tedy provádí přímo obyvatelé bytu podle vlastního uvážení a potřeby. Z tohoto důvodu není tepelný spád otopné soustavy konstantní, avšak pojistka kotle nepovoluje překročit teplotu vody na výstupu 90°C. V běžném provozu však teplota prakticky nepřekračuje 60°C.



Obrázek 17: Plynový kotel Gasex U 23



Obrázek 18: Termostat Rego

4.6.1. Technické parametry zdroje tepla a regulace

Tabulka 4: Technické parametry plynového kotle Gasex U 23

Plynový kotel Gasex U 23	
Výkon:	23 kW
Účinnost:	86%
Palivo:	ZP
Spotřeba ZP:	2,78 m ³ /h
Ele. Příkon:	13 W
Oběh. Čerpadlo:	Žádné
Tepelný spád:	Není znám

Tabulka 5: Technické parametry termostatu Rego

Termostat Kovopol - Rego, řada 972:	
Jmenovité napětí:	220 V+/- 10%, 50 Hz
Jmenovitý proud:	2A
Regulační rozsah teplot:	5 až 25 °C
Jmenovitá citlivost:	1,5 °C
Spínání:	Jednopolové, mžikové



Obrázek 19: Otopné těleso



Obrázek 20: Detail uzavíracího ventilu



Obrázek 21:
Detail rozvodu trubek otopné soustavy ve 2. NP



4.6.2. Číselné hodnoty vstupů do NKN popisující otopnou soustavu

- Účinnost výroby energie zdrojem $\eta_{H, sys}$. Tato hodnota byla určena z technických parametrů kotle Gasex U 23 (viz výše) a činí 86%.
- Účinnost regulace zdroje energie $\eta_{H, cti, sys}$, která je dosazována automaticky podle výběru jedné z přednastavených možností způsobu regulace. V našem případě je regulace ruční, čemuž NKN přiřadil hodnotu účinnosti 95%.
- Typ čerpadla. Jak již bylo popsáno výše, otopná soustava je samotížná, tudíž neobsahuje žádné čerpadlo. Tuto možnost ovšem NKN nezahrnuje, proto bylo z přednastavené nabídky zvoleno čerpadlo s proměnnými otáčkami. To odpovídá skutečnosti, že voda v potrubí cirkuluje různou rychlostí v závislosti na její teplotě. Zvolenému typu čerpadla přiřadil NKN automaticky tzv. váhový činitel regulace oběhových čerpadel systému vytápění s hodnotou 54%.
- Instalovaný příkon čerpadel systému vytápění $P_{H, sys, p}$ [W]. Z důvodu absence oběhového čerpadla byl za tuto hodnotu dosazen elektrický příkon kotle, který činí 13 W.
- Příslušnost zdroje vytápění k zóně. V našem případě jsou zóny 1 a 2 plně vytápěny pouze výše popsaným zdrojem. Tento údaj pro ně tedy nabývá hodnot 100%, pro ostatní zóny je nulový.

4.7. Příprava TV

Přípravu teplé vody pro umývání (koupelny) zajišťují v každém podlaží plynové průtokové ohřívače vody Mora PO 35. Teplá voda pro použití v kuchyni je připravována malými elektrickými průtokovými ohřívači Eta 0733 a Mirava, typ M.



Obrázek 22: Elektrické průtokové ohřívače Eta 0733 a Mirava M



Obrázek23: Plynový průtokový ohřívač vody Mora PO 35



4.7.1. Technické parametry průtokových ohřivačů vody

Tabulka 6: Technické parametry průtokového ohřivače Mora PO 35

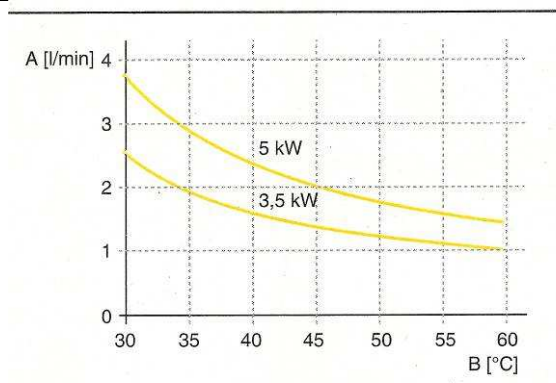
Průtokový ohřivač vody Mora PO 35:	
Palivo:	ZP
Výkon:	300 kcal/min = 21 kW
Min. průtok vody pro ohřev o 25 °C:	12 l/min

Tabulka 7: Technické parametry průtokového ohřivače Mirava M

El. Průtokový. ohřivač vody Mirava, typ M:	
Příkon:	3,5 kW
Min. průtok vody pro ohřev o 28 °C:	2 l/min

Tabulka 8: Jmenovitý příkon průtokového ohřivače Eta 0733

El. Průtok. Ohřivač vody Eta 0733:	
Jmenovitý příkon:	3,5 kW



Obrázek 24: Závislost průtok vody - teplota, Eta 0733



4.7.2. Číselné hodnoty vstupů do NKN popisující přípravu TV

- Příprava TV ze zdroje: Zde se volí zdroj přípravy TV, v našem případě průtokové ohřívače, proto byly vybrány volby „samostatný ohřev plynem“ a „samostatný ohřev elektrinou“, v závislosti na použitém médiu k ohřevu vody.
- Jmenovitý příkon pro ohřev TV [kW]: Hodnoty pro jednotlivé ohřívače byly zjištěny z jejich technické dokumentace.
- Objem zásobníku TV [l]: Vzhledem k faktu, že jsou použity průtokové ohřívače, je objem zásobníku nulový.
- Účinnost příslušného systému distribuce TV $\eta_{W,sys,dis}$ [%]: Výroba TV průtokovým ohřívačem je v našem případě, kdy je teplá voda spotřebována ihned v místě výroby velmi efektivní, proto byla zvolena vysoká hodnota účinnosti, a to 98 %.
- Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému energie přípravy TV $\eta_{W,sys,em}$ [%]: Koncové prvky systému přípravy TV jsou obyčejné pákové baterie a klasické vodovodní kohouty, proto je účinnost volena 90 %. Vyšší hodnoty této účinnosti by bylo jistě dosaženo použitím dokonalejších koncových prvků, např. termostatických baterií.
- Roční potřeba teplé vody q_W [m³ rok⁻¹]: Pro přípravu TV v koupelnách byla tato hodnota stanovena podle [5], kde byla z tabulky 1 zvolena hodnota 40 l osoba⁻¹ den⁻¹, což činí 0,04 m³ TV na osobu a den. Tato hodnota byla vynásobena počtem osob žijících v budově, tj. pěti a následně počtem dní v roce a výsledkem je hodnota 73,05 m³ rok⁻¹, která byla pro zajištění její větší konzervativnosti zvýšena odhadem na 75,00 m³ rok⁻¹. Pro přípravu TV pro kuchyňské použití byla při očekávané nižší potřebě zvolena pro každou z kuchyní hodnota 8 m³ rok⁻¹.
- Teplota teplé vody ve zdroji přípravy $\theta_{H,h}$ [°C]: Pro plynové ohřívače s vyššími průtoky a vyšší požadovanou teplotou byla zvolena teplota 55 °C a pro menší elektrické ohřívače s nižšími průtoky a nároky na teplotu vody teplota 35 °C.
- Instalovaný elektrický příkon čerpadel systému přípravy teplé vody $P_{W,p,sys}$ [W]: Jelikož je teplá voda připravována v průtokových ohřívačích, které čerpadla nepotřebují, je tato hodnota nulová.
- Typ čerpadla: Podobně jako u systému vytápění i zde byly z přednastavené nabídky vybrána čerpadla s proměnnými otáčkami, které nejlépe vystihují fakt, že voda v potrubí proudí různou rychlostí v závislosti na regulaci baterií či kohoutů.



4.8. Větrání

Větrání objektu je přirozené a je závislé výhradně na uživateli. Nucené větrání je zajištěno pouze v kuchyních pomocí odtahových ventilátorů (digestoře). Intenzita větrání je definována v profilech užívání zóny a vychází tak ze standardních parametrů větrání.

4.9. Osvětlovací soustava

Celkový příkon osvětlovací soustavy objektu by bylo možné zjistit sečtením příkonů všech světelných zdrojů v budově. Příkon osvětlovací soustavy je ale závislý na denní době, aktuální potřebě uživatelů a jiných faktorech. Proto nebyla pro jednoduchost při výpočtu tato hodnota definována a NKN tak počítá s hodnotami vycházejícími ze standardizovaných profilů užívání jednotlivých zón.

5. Popis řešených modelových situací

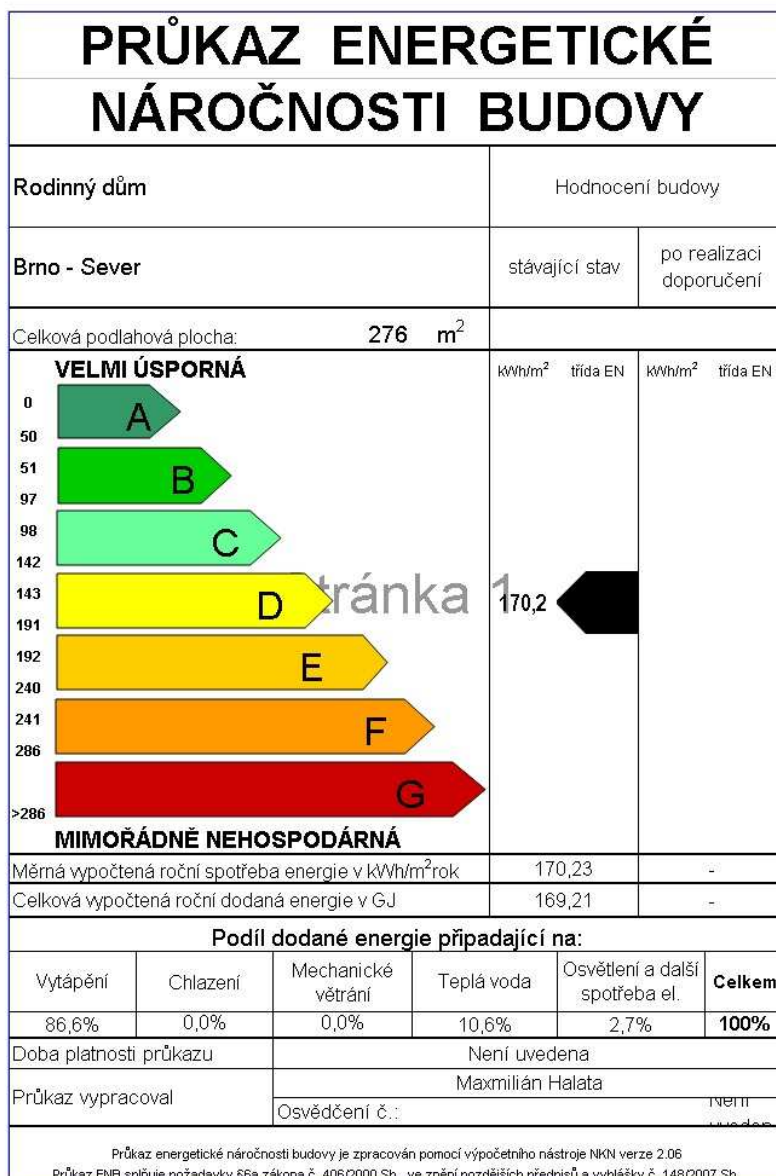
Po vyhodnocení ENB v současném stavu (varianta 0), byly na základě rozboru složení energií (viz kap. 5.2.) navrženy tři varianty úprav domu. Jejich přehled uvádí následující tabulka:

Tabulka 9: Přehled řešených modelových situací

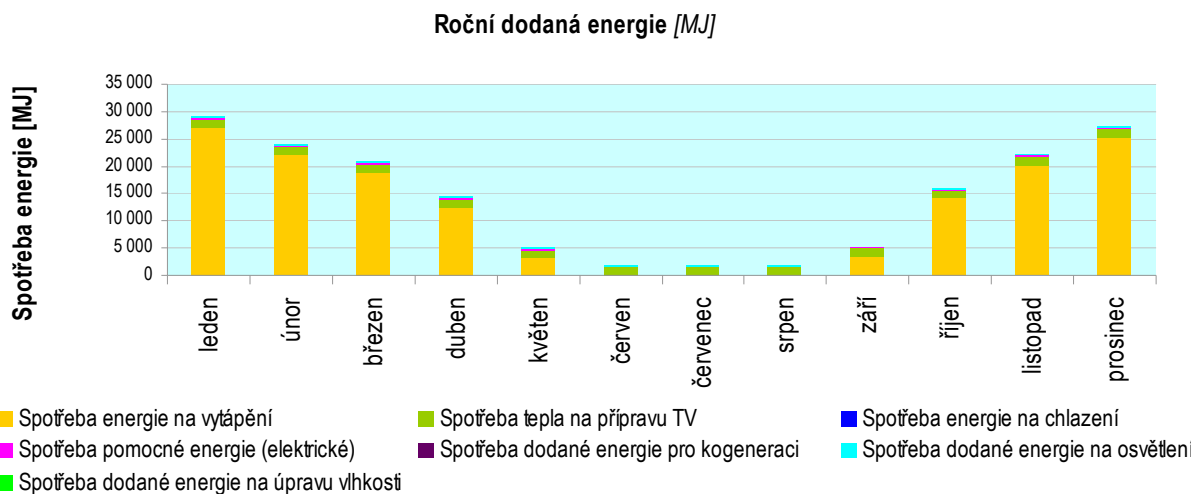
Název modelové situace	Zlepšující opatření
Varianta 0	Stávající stav.
Varianta 1	Zateplení obvodových zdí, stropu sklepa a podlahy půdy.
Varianta 2	Výměna oken.
Varianta 3	Kombinace varianty 1 a 2.

5.1. Současný stav – varianta 0

Po zadání všech potřebných vstupů uvedených v předchozí kapitole provedl NKN výpočet a vyhodnotil energetickou náročnost zvolené budovy podle vyhlášky a zařadil budovu do třídy ENB „D“. Hodnoty a podíl jednotlivých energetických systémů budovy na celkové hodnotě měrné roční spotřeby energie jsou patrné z následujícího obrázku a grafu.



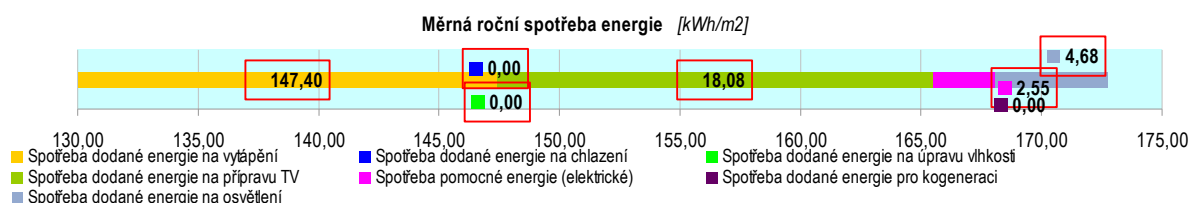
Obrázek 25: Grafické zpracování průkazu ENB (energetický štítek) podle vyhlášky



Obrázek 26: Grafické znázornění bilance energií

Tabulka 10: Hodnoty dodané energie pro jednotlivé energetické systémy a měsíce v roce

Měsíc v roce	Vytápění [MJ]	Příprava TV [MJ]	Osvětlení [MJ]	Pomocné energie [MJ]	Celkem [MJ]
Leden	27 025,02	1 498,02	257,13	220,01	29 018,18
Únor	22 084,75	1 498,02	226,26	198,72	24 007,75
Březen	18 867,90	1 498,02	188,25	217,19	20 771,35
Duben	12 453,11	1 498,02	153,86	207,46	14 312,44
Květen	3 112,31	1 498,02	126,71	213,43	4 950,46
Červen	0,00	1 498,02	117,66	203,82	1 819,49
Červenec	0,00	1 498,02	117,66	210,61	1 826,28
Srpen	0,00	1 498,02	126,71	210,61	1 835,33
Září	3 457,19	1 498,02	157,48	207,46	5 320,14
Říjen	14 108,17	1 498,02	186,44	218,13	16 010,75
Listopad	20 187,73	1 498,02	224,45	121,00	22 122,21
Prosinec	25 230,46	1 498,02	271,51	220,01	27 220,00
Celkem [MJ]	146 526,62	17 976,19	2 172,11	2 539,45	169 214,38



Obrázek 27: Rozložení energie pro jednotlivé energetické systémy



5.2. Rozbor současného stavu a návrh zlepšujících opatření

Umístění ve třídě „D“ energetické náročnosti budov je z pohledu vyhlášky nevyhovující, proto je nutné navrhnout opatření ke zlepšení současného stavu. Z grafu na obrázku 26 jednoznačně vyplývá, že vytápění objektu má nejvyšší podíl na spotřebě energie. Spotřeba energie pro přípravu TV je po celý rok neměnná a spotřeba energie na osvětlení a pomocné energie je ve srovnání s vytápěním prakticky zanedbatelná. Je tedy nezbytné zaměřit se především na opatření a úpravy, které sníží spotřebu energie na vytápění. Jsou to zejména tyto:

- Snížení tepelných ztrát budovy, tj. zvýšení tepelného odporu patřičných stavebních konstrukcí, čili zateplení budovy.
- Instalace oken s nízkým součinitelem prostupu tepla U.
- Zvýšení účinnosti regulace otopné soustavy např. instalací termostatických ventilů.
- Instalace efektivnějšího zdroje vytápění.

V další části práce se proto budeme zabývat možnostmi zateplení objektu, výměnou oken a kombinací těchto opatření.

Protože podíl energie na přípravu TV a osvětlení je malý, lze jen v krátkosti doporučit následující potřeby:

Příprava teplé vody:

- Instalace účinnějších zdrojů.
- Tepelná izolace rozvodů TV.

Přírůstek dodatečné izolace rozvodů TV k úsporám energie by však byl velice malý, protože vzdálenost mezi místem přípravy a spotřeby teplé vody je v řádech jednotek metrů.

Osvětlení:

- Změna způsobu regulace osvětlovací soustavy.
- Instalace úspornějších zdrojů světla, např. kompaktních zářivek, které mají navíc vzhledem k relativně nízké ceně a vysoké úspornosti poměrně krátkou dobu finanční návratnosti, cca 1 až 2 roky při denním využití již 2 hodiny.

5.2.1. Porovnání výpočtů NKN se skutečnou spotřebou energií

Pro posouzení přesnosti výpočtů provedených pomocí NKN vyjdeme ze skutečné spotřeby energií, tj. spotřeby elektřiny a zemního plynu, v budově za období zhruba jednoho roku. Hodnoty spotřeby energií jsou uvedeny v kapitole 4.2. a celkové množství energie dodané do objektu činí 29 393 kWh, což odpovídá hodnotě 105 814,8 MJ. Porovnáme-li tento údaj s hodnotou celkové vypočtené roční dodané energie z tabulky 10, tj. 169 214,38 MJ, zjistíme, že hodnota vypočtená NKN je o 37 % vyšší než hodnota naměřená. Z toho lze usoudit, že výsledky výpočtů NKN jsou značně konzervativní (na bezpečné straně výpočtu) a výpočetní nástroj tedy pravděpodobně měrnou spotřebu energie nadhodnocuje.



5.3. Varianta 1 – zateplení budovy

Samotné zateplení objektu rozdělíme do dvou etap. V první etapě budeme uvažovat pouze zateplení obvodových stěn. Zateplení vnějšího pláště budovy bude provedeno 15 cm silnými polystyrénovými deskami a tepelně izolační vnější perlitovou omítkou. Izolace bude provedena jako kontaktní.

V druhé etapě přidáme i kontaktní zateplení stropu sklepa a podlahy půdy. K zateplení stropu sklepa budou, z prostorových důvodů, použity polystyrénové desky o síle 5 cm a k zateplení půdy bude použita lisovaná minerální vlna o síle 20 cm.

Pro potřeby výpočtu pomocí NKN to v praxi znamená přepočítat hodnoty součinitele prostupu tepla U . V souvislosti s tímto krokem je potřeba se zmínit o problematice tepelných mostů:

5.3.1. Tepelné mosty

Tepelné mosty (tepelné vazby) jsou taková místa v konstrukci budovy, ve kterých dochází k výraznějšímu prostupu tepla z interiéru do okolí. Tepelné mosty vznikají v místech, kde vrstvou materiálu s nižší tepelnou vodivostí proniká materiál s vyšší tepelnou vodivostí a také, jako i v našem případě, v místech napojení jednotlivých konstrukcí. Tepelné vazby dělíme na bodové a lineární. Mezi bodové patří nejrozumnější úchyty a kotvení, např. hmoždinky, ale třeba i krokve prostupující tepelnou izolací. K typickým lineárním vazbám patří oblasti stavebních otvorů, vetknutí např. balkónové konstrukce a místa napojení jednotlivých konstrukcí. Výskyt, resp. zanedbání tepelných mostů je nežádoucí, neboť jednak zvyšuje tepelnou ztrátu budovy a hlavně může mít negativní dopady na zdraví obyvatel. V místě tepelného mostu totiž vlivem, oproti okolí, nižší teploty na vnitřní straně konstrukce může kondenzovat vodní pára, což způsobí zvýšení vlhkosti konstrukce v daném místě a umožní růst plísní! Význam a negativní vliv tepelných mostů vzrůstá právě se snižováním tepelné ztráty objektu (nejmarkantnější je u nízkoenergetických staveb, kde musí být jejich řešení obzvláště pečlivé). Problematika tepelných mostů je velmi obsáhlá, více informací o tepelných mostech podává např. literatura [2], str. 76 a [3], str. 25.

Problematiku tepelných mostů je ovšem potřeba řešit i při výpočtu energetické náročnosti budovy pomocí NKN. Pouhé zadání nových (ideálních) hodnot součinitelů prostupu tepla u konstrukcí, v nichž se tepelné vazby vyskytují, by znamenalo plošné zvýšení tepelného odporu celé konstrukce bez ohledu na tepelné vazby v místě napojení jiných konstrukcí, čímž by došlo k odizolování těchto vazeb, které by ve skutečnosti nenastalo.

Při standardních výpočtech tepelné ztráty budovy se používá tzv. lineární činitel prostupu tepla ψ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$] podle norem ČSN EN ISO 14 683 a ČSN EN ISO 10 211-1. Způsob zahrnutí lineárního činitele prostupu tepla do výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla uvádí literatura [2], str. 26. Požadované a doporučené hodnoty lineárního činitele prostupu tepla také uvádí literatura [2], str. 45, tab. 5.1.7.

NKN ovšem nedovoluje lineární činitel prostupu tepla ψ do výpočtu zahrnout, proto byl zvolen jiný postup, který určuje norma ČSN 73 0540-4: 2005 (viz [7]). Ten spočívá ve stanovení součinitele prostupu tepla U pomocí tzv. ekvivalentního součinitele tepelné vodivosti λ_{em} pro vrstvu konstrukce, která obsahuje tepelné mosty. Tuto možnost opět poskytuje aplikace [6], pomocí níž byl proveden výpočet.



Nové hodnoty součinitelů prostupu tepla po zateplení uvádí tabulka 11, vlastnosti použitých tepelně izolačních materiálů jsou v tabulce 12. Představu o velikosti chyby, která by vznikla zanedbáním tepelných mostů si lze udělat v tabulce 13, která uvádí srovnání původních součinitelů prostupu tepla s ideálními hodnotami (při zanedbání tep. mostů) a skutečnými hodnotami součinitelů použitých ve výpočtu.

Tabulka 11: Srovnání hodnot součinitele přestupu tepla U

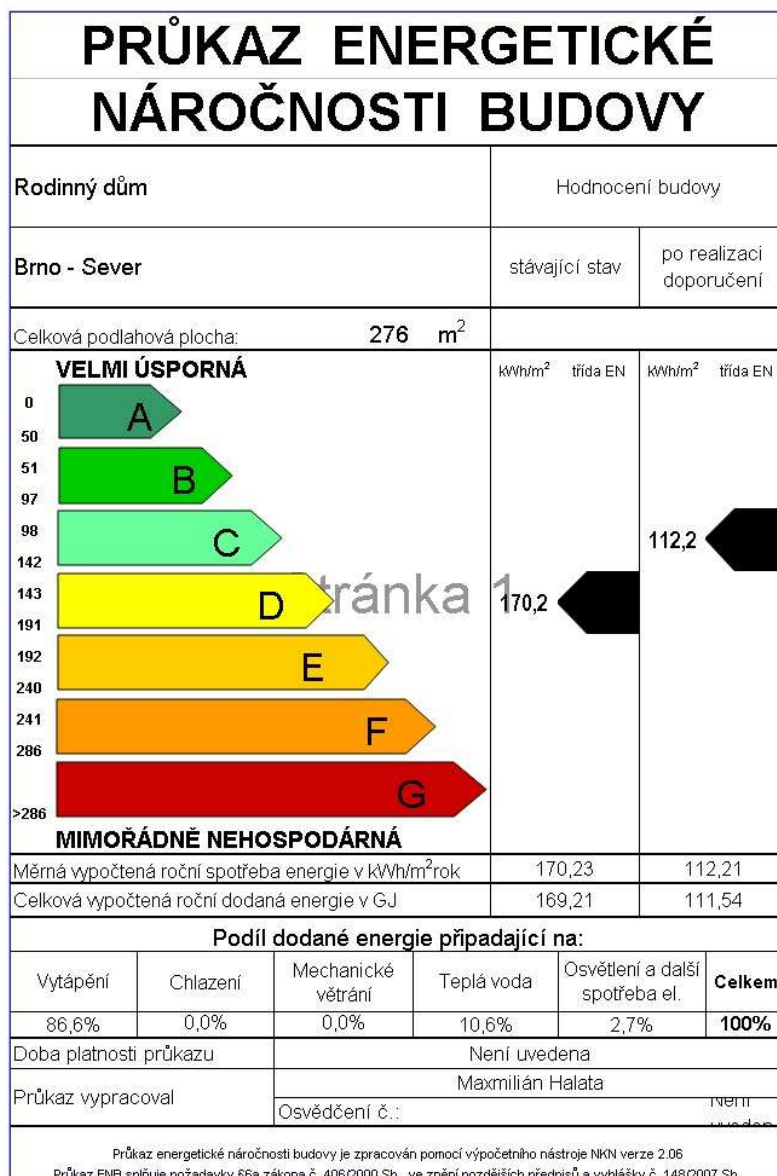
Konstrukce	U [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$] před	U [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$] po
Obvodová stěna, tl. 30 cm	1,35	0,45
Obvodová stěna, tl. 45 cm	1,02	0,20
Obvodová stěna, tl. 60 cm	0,82	0,19
Strop sklepa, tl. 25 cm	2,72	2,16
Podlaha půdy, tl. 40 cm	1,74	1,47

Tabulka 12: Vlastnosti tepelně izolačních materiálů

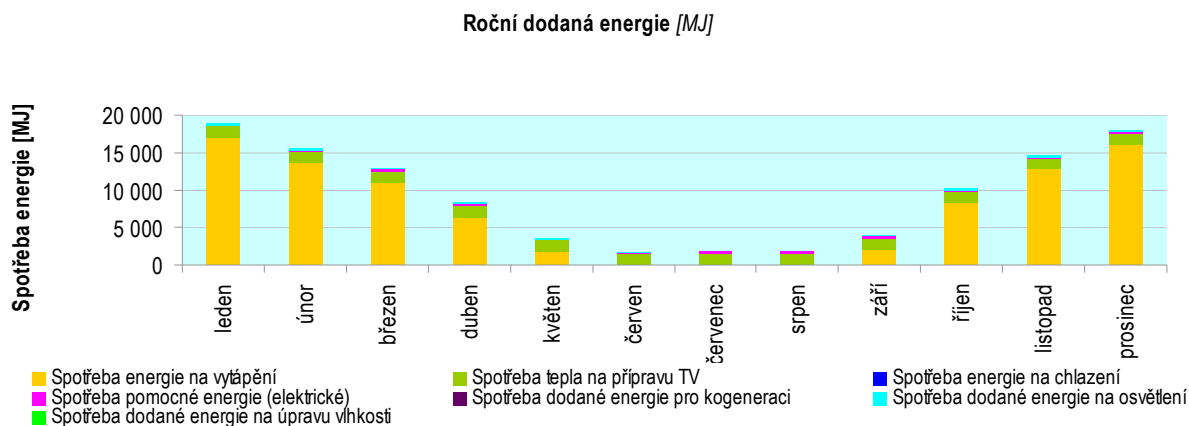
Materiál	Tepelná vodivost λ [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]
Polystyren	0,037
Perlitová omítka	0,100
Lisovaná minerální vlna	0,054

Tabulka 13: Porovnání původních, ideálních a skutečných nových součinitelů prostupu tepla

Konstrukce	U [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$] původní	U _{id} [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]	U _{skut} [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]
Strop sklepa, tl. 25 cm	2,72	0,58	2,16
Podlaha půdy, tl. 40 cm	1,74	0,25	1,47



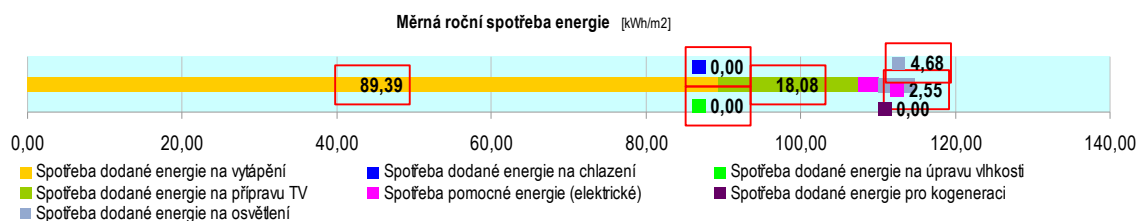
Obrázek 28: Průkaz ENB, porovnání varianty 0 a 1 v 2. etapě (v levém sloupci)



Obrázek 29: Rozložení energií pro jednotlivé energetické systémy a měsíce v roce, varianta 1

Tabulka 14: Hodnoty dodané energie pro jednotlivé energetické systémy a měsíce v roce, varianta 1

Měsíc v roce	Vytápění [MJ]	Příprava TV [MJ]	Osvětlení [MJ]	Pomocné energie [MJ]	Celkem [MJ]
Leden	17 017,95	1 498,02	257,13	220,01	19 011,12
Únor	13 600,78	1 498,02	226,26	198,72	15 523,78
Březen	10 999,69	1 498,02	188,25	217,19	12 903,15
Duben	6 422,75	1 498,02	153,86	207,46	8 282,08
Květen	1 736,00	1 498,02	126,71	213,43	3 574,16
Červen	0,00	1 498,02	117,66	203,82	1 819,49
Červenec	0,00	1 498,02	117,66	210,61	1 826,28
Srpen	0,00	1 498,02	126,71	210,61	1 835,33
Září	2 108,05	1 498,02	157,48	207,46	3 971,00
Říjen	8 279,38	1 498,02	186,44	218,13	10 181,96
Listopad	12 698,27	1 498,02	224,45	121,00	14 632,75
Prosinec	15 992,88	1 498,02	271,51	220,01	17 982,42
Celkem [MJ]	88 855,76	17 976,19	2 172,11	2 539,45	111 543,51



Obrázek 30: rozložení energie pro jednotlivé energetické systémy, varianta 1

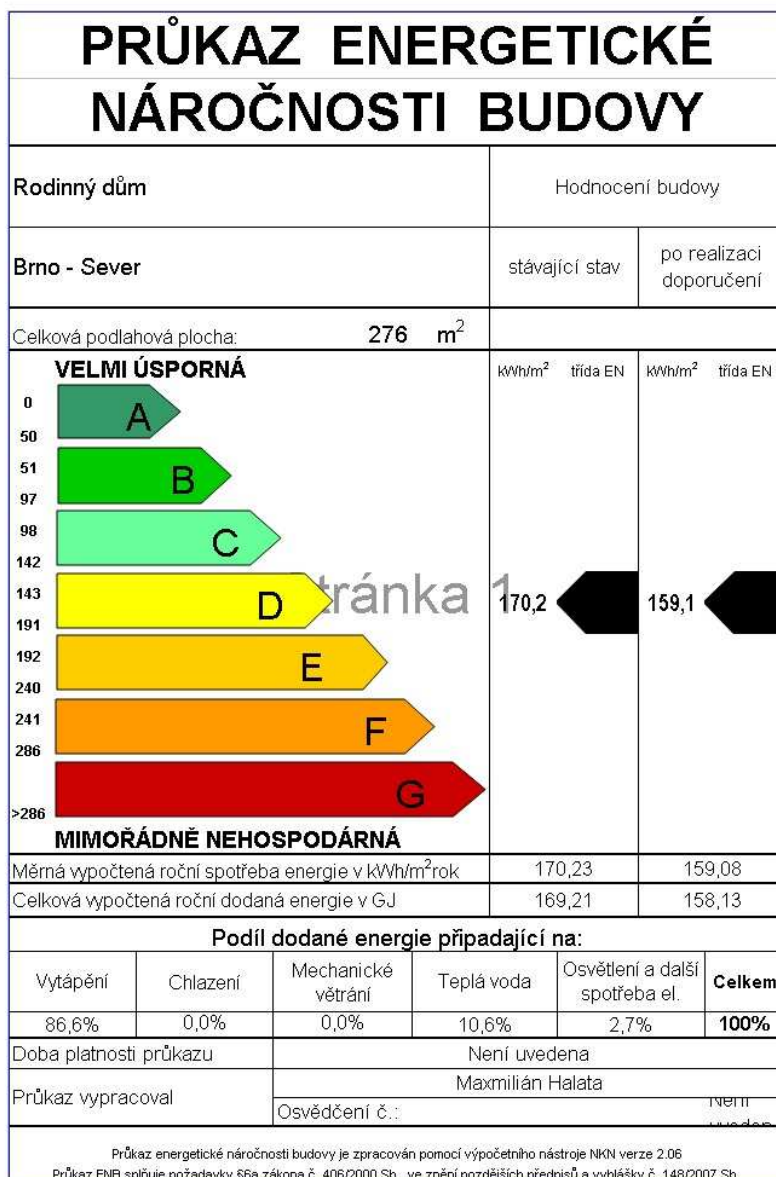
5.4. Varianta 2 – výměna oken

Vývoj oken se za poslední léta posunul výrazně kupředu. Významnou zásluhu na tom má rozvoj bydlení v budovách postavených v tzv. nízkoenergetickém a pasivním standardu [1, 2, 3], kde tepelné ztráty prostupem tepla okny hrají klíčovou roli (podrobnější informace o problematice oken a jejich moderních řešeních podává literatura a [1] str.24, [2] str.67 a [3] str.79). Proto se v druhé variantě zaměříme na výměnu stávajících plastových oken s běžným dvojsklem za konstrukčně modernější plastová okna s izolačním dvojsklem plněným argonem se součinitelem prostupu tepla $U_w = 1,29 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Pro výpočet pomocí NKN to opět znamená přepsat hodnoty součinitele prostupu tepla pro okna. Porovnání součinitelů prostupu tepla okny U_w udává tabulka 15, hodnota U_w pro původní okno byla volena podle [9].

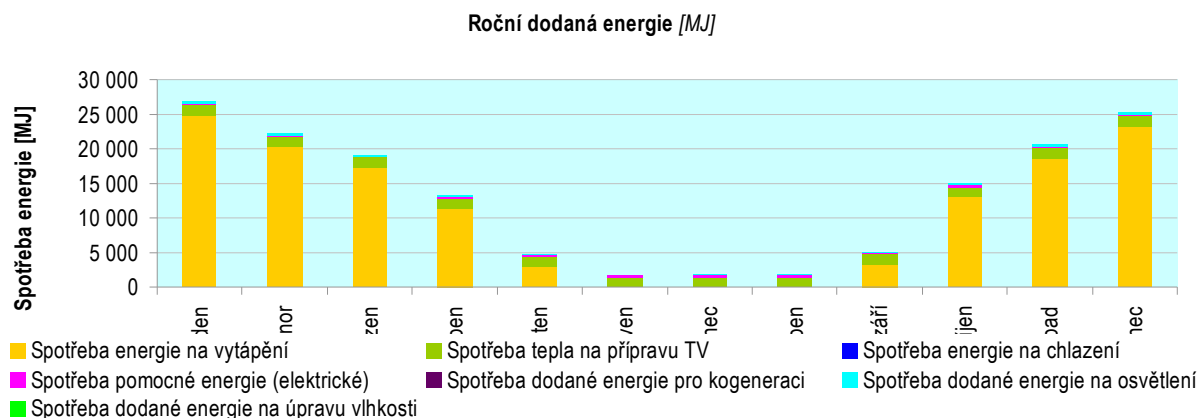


Tabulka 15: Porovnání součinitele prostupu tepla oken.

Okno	$U_w [W m^{-2} K^{-1}]$
Původní plastové okno	2,10
Nové plastové okno	1,29



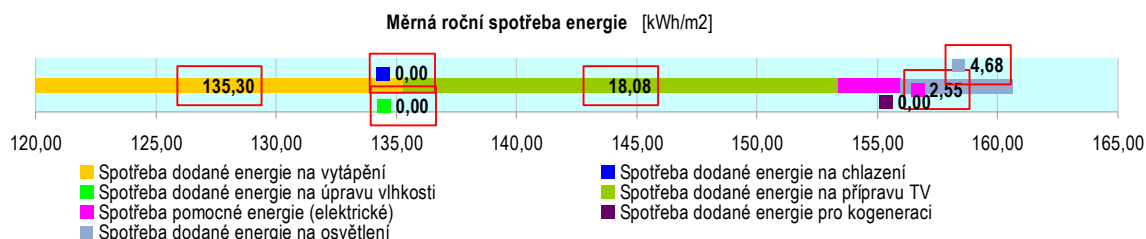
Obrázek 31: Průkaz ENB, porovnání varianty 0 a 2 (v levém sloupci)



Obrázek 32: Grafické znázornění bilance energií, varianta 2

Tabulka 16: Hodnoty dodané energie pro jednotlivé energetické systémy a měsíce v roce, varianta 2

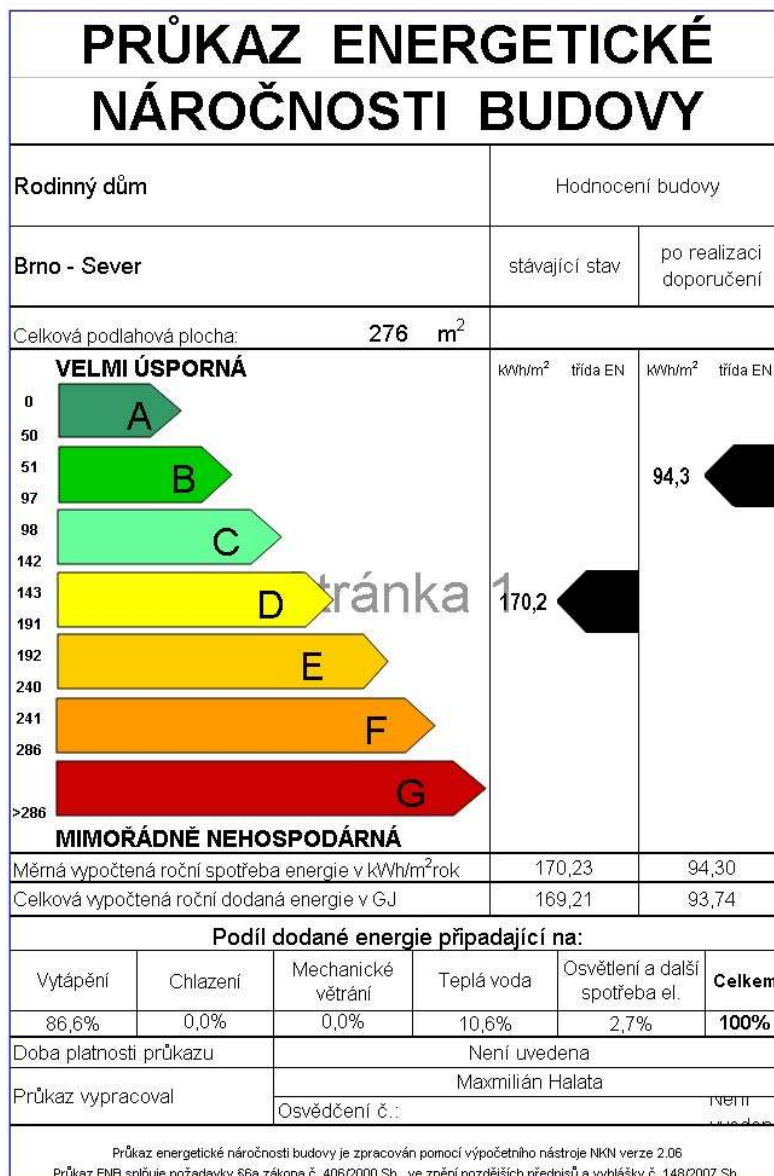
Měsíc v roce	Vytápění [MJ]	Příprava TV [MJ]	Osvětlení [MJ]	Pomocné energie [MJ]	Celkem [MJ]
Leden	24 822,24	1 498,02	257,13	220,01	26 815,40
Únor	20 240,34	1 498,02	226,26	198,72	22 163,34
Březen	17 220,83	1 498,02	188,25	217,19	19 124,29
Duben	11 258,18	1 498,02	153,86	207,46	13 117,51
Květen	2 876,16	1 498,02	126,71	213,43	4 714,31
Červen	0,00	1 498,02	117,66	203,82	1 819,49
Červenec	0,00	1 498,02	117,66	210,61	1 826,28
Srpen	0,00	1 498,02	126,71	210,61	1 835,33
Září	3 230,86	1 498,02	157,48	207,46	5 093,81
Říjen	12 991,26	1 498,02	186,44	218,13	14 893,85
Listopad	18 629,14	1 498,02	224,45	121,00	20 563,61
Prosinec	23 228,61	1 498,02	271,51	220,01	25 218,16
Celkem [MJ]	134 497,62	17 976,19	2 172,11	2 539,45	157 185,38



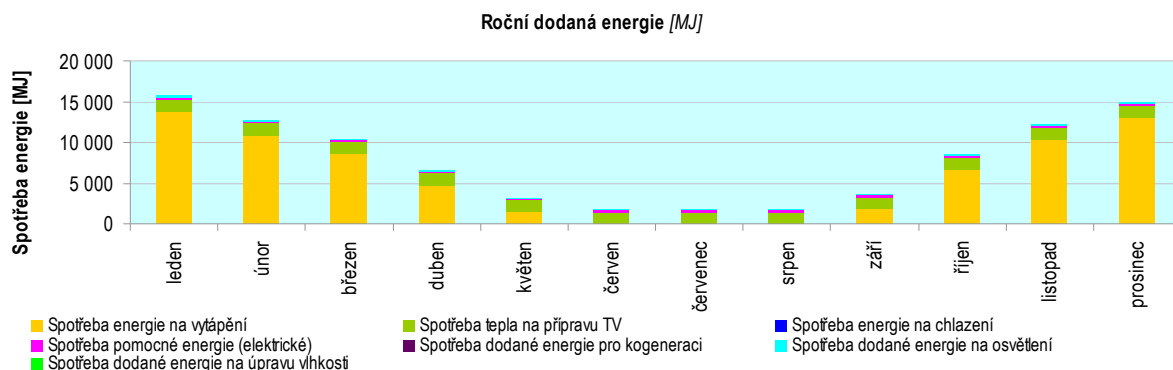
Obrázek 33: Rozložení energie pro jednotlivé energetické systémy, varianta 2

5.5. Varianta 3 – kombinace zateplení a výměny oken

V této variantě budeme uvažovat výměnu oken popsanych v předchozí kapitole a zateplení ve druhé etapě první varianty, a to včetně zateplení ostění a nadpraží stavebních otvorů. Zateplením ostění a nadpraží dojde k izolaci velké části okenního rámu, který má významný vliv na celkový součinitel prostupu tepla oknem (U_w). Z tohoto důvodu budeme uvažovat místo původního $U_w = 1,29 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ nižší hodnotu součinitele $U_w = 1,00 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.



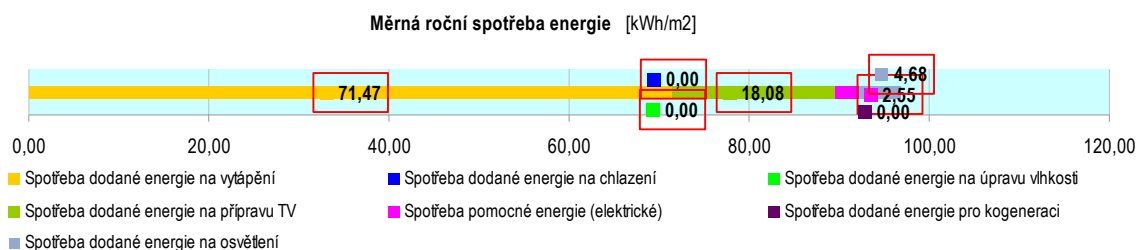
Obrázek 34: Průkaz ENB, porovnání varianty 0 a 3 (v levém sloupci)



Obrázek 35: Rozložení dodané energie pro jednotlivé energetické systémy a měsíce v roce, varianta 3

Tabulka 17: Hodnoty dodané energie pro jednotlivé energetické systémy a měsíce v roce, varianta 3

Měsíc v roce	Vytápění [MJ]	Příprava TV [MJ]	Osvětlení [MJ]	Pomocné energie [MJ]	Celkem [MJ]
Leden	13 738,14	1 498,02	257,13	220,01	15 731,30
Únor	10 869,78	1 498,02	226,26	198,72	12 792,78
Březen	8 590,39	1 498,02	188,25	217,19	10 493,85
Duben	4 718,45	1 498,02	153,86	207,46	6 577,78
Květen	1 387,25	1 498,02	126,71	213,43	3 225,41
Červen	0,00	1 498,02	117,66	203,82	1 819,49
Červenec	0,00	1 498,02	117,66	210,61	1 826,28
Srpen	0,00	1 498,02	126,71	210,61	1 835,33
Září	1 760,87	1 498,02	157,48	207,46	3 623,82
Říjen	6 620,58	1 498,02	186,44	218,13	8 523,17
Listopad	10 362,25	1 498,02	224,45	121,00	12 296,72
Prosinec	13 000,42	1 498,02	271,51	220,01	14 989,96
Celkem [MJ]	71 048,13	17 976,19	2 172,11	2 539,45	93 735,89



Obrázek 36: Rozložení energie pro jednotlivé energetické systémy, varianta 3



6. Vyhodnocení výsledků

6.1 Varianta 1 – zateplení objektu

Připomeňme, že varianta 1, zateplení, byla rozdělena do dvou etap. V první etapě byly zatepleny pouze vnější obvodové stěny, v druhé etapě bylo k zateplení obvodových stěn přidáno i zateplení stropu sklepa a podlahy půdy. Způsob provedení zateplení v obou etapách byl popsán v kapitole 5.3.

6.1.1. Energetické hledisko

V první etapě zateplení se dosáhlo úspory měrné roční spotřeby dodané energie o téměř 27 % snížením z hodnoty $170,23 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ na hodnotu $123,87 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ a zároveň tak bylo dosaženo posunu z třídy ENB „D“ do třídy „C“.

V druhé etapě byla spotřeba energie snížena ze $123,87 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ na hodnotu $112,21 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ a budova je tak i nadále hodnocena ve třídě ENB „C“. To činí pokles spotřeby energie oproti první etapě o 9 % a oproti původnímu stavu o 34 %.

Na první pohled by se mohlo zdát, že zateplení v druhé etapě nepřinese významnou úsporu energie a je tedy zbytečné jej provádět. Opomenuta by ale neměla být skutečnost, že například zateplením stropu sklepa dojde ke zvýšení povrchové teploty podlahy a zrovnoměrní rozložení teplot v místnostech 1. nadzemního podlaží, takže tepelné pohody bude možné dosáhnout i při nižší teplotě vzduchu. Tento fakt se pozitivně projeví ve snížené spotřebě tepla na vytápění a lze také očekávat vyšší spokojenost obyvatel s tepelným stavem prostředí.

6.1.2. Stavebně – konstrukční hledisko

V této podkapitole se zaměříme na zateplování budov ze stavebně-konstrukčního hlediska.

Zateplování lze provádět jako kontaktní nebo nekontaktní, tzv. provětrávané fasády (se vzduchovou mezerou mezi izolací a stěnou), vnější nebo vnitřní a k jeho realizaci lze využít širokou paletu stavebních materiálů. Mezi nejrozšířenější patří bezpochyby polystyrén a různé minerální vlny a plsti.

Výhody a nevýhody vnějšího a vnitřního zateplení tak, jak je uvádí literatura [1] jsou shrnuty zde:

Vnější zateplení:

- + Zdivo si uchovává víceméně konstantní teplotu a není tolik namáháno teplotními výkyvy a povětrnostními podmínkami.
- + Zvýší se akumulační schopnost domu.
- + Snáze se eliminují tepelné mosty v konstrukci.
- + Riziko kondenzace vlhkosti ve zdivu je minimální.
- + Budova získá novou fasádu, tzn. úsporu nákladů na údržbu.
- + Při instalaci se neruší pobyt osob uvnitř.
- + Dojde k finančnímu zhodnocení budovy
- Potřeba lešení a prostoru okolo domu.
- Izolaci je potřeba provádět naráz v celé ploše domu.
- Vyšší náklady.



Vnitřní zateplení:

- + Možnost izolovat jen jednu místnost.
- + Snadný přístup, bez lešení.
- + Možnost instalace bez ohledu na počasí
- + Snáze se provádí svépomocí
- Riziko kondenzace ve stěnách domu.
- Riziko promrzání vnějšího zdiva
- Riziko růstu plísní, zejména v oblastech tepelných mostů.
- Snížení akumulční schopnosti zdiva.
- Zmenšení plochy místností.

Vzhledem k podmínkám na zvoleném objektu lze pro realizaci zateplení jednoznačně doporučit vnější kontaktní zateplení fasády, protože budou potlačeny nejen tepelné mosty, ale zároveň bude provedena i revitalizace pláště budovy.

6.1.3. Ekonomické hledisko

V této části se pokusíme bilancovat ekonomickou návratnost investice v 1. i 2. etapě zateplení. Bude se jednat pouze o jednoduchý orientační výpočet, ve kterém budeme uvažovat cenu pouze za stavební materiál (viz tab. 18), neboť cena práce a zisk firmy jsou údaje pro obecný případ jen obtížně zjistitelné.

V první etapě zateplení představuje úspora ZP na vytápění $46,36 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. Po vynásobení této hodnoty celkovou podlahovou plochou domu, tj. 276 m^2 byla zjištěna úspora ZP na vytápění $12\,795,36 \text{ kWh rok}^{-1}$. Dalším vynásobením této hodnoty aktuální cenou zemního plynu podle platného ceníku společnosti RWE-JMP, tj. $1,17 \text{ Kč kWh}^{-1}$, bude dosaženo finanční úspory za ZP ve výši $14\,970,57 \text{ Kč rok}^{-1}$.

V první etapě bylo nutné zateplít $123,12 \text{ m}^2$ obvodových zdí. Ceny stavebních materiálů a celkové investiční náklady na materiál uvádí tabulka 18. Pro provedení ekonomické bilance první etapy bude uvažován dvojnásobek celkových investičních nákladů za materiál, tj. $102\,608,40 \text{ Kč}$. Tato uvažovaná částka se již mnohem více blíží reálné výši celkových investičních nákladů na zateplení, tj. včetně ceny práce a zisku firmy provádějící zateplení. Při roční úspoře $14\,970,57 \text{ Kč}$ je prostá finanční návratnost investice v první etapě zateplení zhruba 7 let.

Ve druhé etapě zateplení činí úspora zemního plynu $58,02 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, což je $16\,013,52 \text{ kWh rok}^{-1}$. To odpovídá úspoře nákladů na vytápění ve výši $18\,735,82 \text{ Kč}$. K nákladům z první etapy ($51\,304,20 \text{ Kč}$) je při sestavování ekonomické bilance potřeba přičíst i náklady z druhé etapy ($26\,896,00 \text{ Kč}$), což dohromady činí $71\,200,20 \text{ Kč}$ (viz tab. 18). K vyčíslení finanční návratnosti bude, ze stejných důvodů jako v první etapě, opět uvažován dvojnásobek této sumy, tedy $142\,400,40 \text{ Kč}$. Při roční úspoře nákladů na vytápění ve výši $18\,735,82 \text{ Kč}$ představuje prostá finanční návratnost investice ve druhé etapě zateplení dobu cca 7,6 let, což není o mnoho více než u první etapy a tento fakt pouze podtrhuje vhodnost tohoto opatření.



Tabulka 18: Data pro ekonomickou bilanci, varianta 1

Jednotka	Plocha k zateplení [m ²]	Uvažovaná cena materiálu						
		Lepidlo [Kč/ks]	Lišty [Kč/m]	Polystyren [Kč/m ²]	Omítka [Kč/m ²]	Hmoždinky [Kč/ks]	Perlinka [Kč/m ²]	Min. vlna [Kč/m ²]
		163,00	47,00	160,00	124,00	5,40	35,00	147,43
		Náklady na materiál [Kč]						
1. Etapa	123,12	5868,0	761,0	19699,2	15266,8	5400,0	4309,2	-
2. Etapa	123,12	5868,0	761,0	19699,2	15266,8	5400,0	4309,2	-
2. Etapa	53,79	2608,0	-	8606,4	3660,0	2322,0	1882,7	-
2. Etapa	40,30	1876,0	-	-	-	-	-	5941,3
		Celkové náklady za materiál [Kč]						
1. Etapa		51 304,20						
2. Etapa		78 200,20						

(tab. 18. poznámka: ceny materiálů jsou kalkulovány dle ceníků dodavatelů platných v době zpracování práce a zahrnují DPH 19 %)



6.2. Varianta 2 – výměna oken

Popis varianty 2 je uveden v kapitole 5.4.

6.2.1. Energetické hledisko

Po výměně oken se měrná roční spotřeba energie snížila z původních $170,23 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ na hodnotu $159,08 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, což je pouze o 6,5 %. V rámci hodnocení ENB je tak budova stále ve třídě „D“, která je z pohledu vyhlášky nevyhovující.

6.2.2. Stavebně – konstrukční hledisko

Při návrhu varianty 2 záměrně nebyla vybrána okna dosahující dnešních špičkových parametrů. Důvodem pro tuto volbu je skutečnost, že navzdory svým vynikajícím parametrům, zejména nízkému součiniteli prostupu tepla U_w (až $0,81 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$: [2], str. 70, tab. 5.4.1), mají tato okna poměrně vysokou hmotnost. To není problém při projektování novostaveb, ale použití těchto oken v objektu uvedeného stárí by bylo z pevnostních důvodů vhodné konzultovat s odborníkem.

Literatura [2], str. 67. uvádí několik důležitých faktorů, které mají významný vliv na tepelnou ztrátu oknem. Jsou to tyto:

- Vlastnosti zasklívací plochy a vlastnosti rámu (U_g a U_f).
- Poměr plochy zasklívací jednotky a celého okna (je lépe mít jedno velké okno, než více menších).
- Vlastnosti distančního rámečku na okraji zasklívací jednotky a jeho délka.
- Vazba mezi oknem a obvodovou stěnou.
- Skutečné provedení. Zde je potřeba především dbát na správnou hloubku osazení okna ve stavebním otvoru. Obecně platí, že rovina polohy okna by měla být co nejbližší roviny středu tepelně-izolační vrstvy, ovšem tak, jak je to technicky možné. Vliv hloubky osazení na tepelné ztráty dává obrázek 5.4.3, str. 70 v literatuře [2].

6.2.3. Ekonomické hledisko

Dalším důvodem, proč nebyla při návrhu 2. varianty použita nejmodernější okna je jejich vysoká cena. Osazovat okna špičkových parametrů do tepelně neizolovaných, běžných konstrukcí by bylo příliš nákladné a nepřineslo by to kýžený efekt (srovnejte $U = 0,81 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ s U obvodových konstrukcí v tabulce 3).

Úspora energie v 2. variantě činí $11,15 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, tedy $3\,077,4 \text{ kWh rok}^{-1}$, což je při současných cenách zemního plynu zhruba 3600 Kč rok^{-1} . Při uvažované ceně za výměnu oken, tedy za okna samotná, příslušenství a provedení prací, $130\,000 \text{ Kč}$ má tato investice prostou návratnost 36 let, což je prakticky za uvažovanou životností oken a toto opatření tedy nelze doporučit.



6.3. Varianta 3 – kombinace zateplení a výměny oken

Popis varianty 3 je uveden v kapitole 5.5.

6.3.1. Energetické hledisko

Po provedení úsporných opatření zahrnutých ve třetí variantě klesla celková měrná roční spotřeba dodané energie ze $170,23 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$ na hodnotu $94,30 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, což představuje úsporu ve výši téměř 45 % a budova se posunula v hodnocení ENB z „D“ na „B“.

6.3.2. Stavebně - konstrukční hledisko

Z tohoto hlediska v sobě třetí varianta spojuje výhody a nevýhody obou předešlých variant. Za připomenutí také stojí snížení součinitele prostupu tepla okny U_w v důsledku izolování nadpraží a ostění stavebních otvorů, čímž dojde ke snížení tepelné ztráty rámem okna, jak bylo popsáno v kapitole 5.5.

6.3.3. Ekonomické hledisko

Při realizaci varianty 3 dojde k úspoře energie o $75,93 \text{ kWh m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$, tedy o $20\,956,68 \text{ kWh rok}^{-1}$, což při současné ceně ZP $1,17 \text{ Kč kWh rok}^{-1}$ činí roční úspory na vytápění ve výši $24\,519,32 \text{ Kč}$.

Sečteme-li investiční náklady první varianty v druhé etapě ($142\,400,40 \text{ Kč}$) a druhé varianty ($130\,000 \text{ Kč}$), obdržíme sumu $272\,400,40 \text{ Kč}$. Při roční úspoře cca $24\,520 \text{ Kč}$ má třetí varianta prostou finanční návratnost za dobu 11,1 let.



7. Závěr

Cílem této práce bylo posoudit energetickou náročnost konkrétního rodinného domu pomocí Národního kalkulačního nástroje a doporučit úsporná opatření vedoucí k největšímu snížení spotřeby energie v objektu. Rozbor navrhovaných opatření, tj. zateplení, výměnu oken a jejich kombinace, byl proveden v kapitole 6. Z výsledků tohoto rozboru vyplývá, že nejvhodnějším řešením z hlediska energetických i finančních úspor je provedení třetí varianty, tedy výměny oken a celkového zateplení (druhé etapy).

Další způsoby snížení spotřeby energie v posuzované budově jsou popsány v kapitole 5.2.

Z hlediska finanční návratnosti je rozdíl mezi realizací částečného zateplení (první etapy) a celkového zateplení (druhé etapy) velmi malý (cca 8 %), přičemž celkové zateplení budovy přinese nejen vyšší energetické úspory, ale i vyšší komfort jejího užívání (viz kapitola 6.1.1.).



Jak je popsáno v úvodu této práce, je kromě energetického a ekonomického hlediska provedení jednotlivých navrhovaných opatření důležité zabývat se také jejich ekologickou stránkou. Snížením tepelné ztráty budovy jejím zateplením dojde k poklesu spotřeby energií, které jsou dnes stále z velké části vyráběny z neobnovitelných zdrojů, často navíc relativně málo účinným způsobem. Omezením využívání energie z neobnovitelných zdrojů se tak sníží zatížení životního prostředí těžbou a emisemi škodlivých látek, jako jsou např. prach, oxidy dusíku a oxidy uhlíku. Při snižování energetické náročnosti je navíc také potřeba zaměřit se na omezování tvorby tzv. ekvivalentních emisí skleníkových plynů [2], str. 22 a spotřebou tzv. šedé energie, jejichž vznik, resp. spotřeba souvisí s výrobou, distribucí, instalací a provozem uvažovaných stavebních materiálů a prvků. Tato problematika byla vzhledem ke své rozsáhlosti řešena v práci pouze okrajově, avšak vzhledem k její aktuálnosti by byla jistě zajímavým tématem na samostatnou bakalářskou práci.

O zateplování budov a snižování jejich energetické náročnosti lze obecně konstatovat, že se v dnešní době jedná o stále více rozšířený jev. Vzhledem ke snahám o snižování spotřeby energií a šetrnějšímu využívání přírodních zdrojů lze očekávat, že tento trend bude jistě pokračovat i do budoucna.



8. Seznam použité literatury

- [1] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům : realita či fikce?* 2. vyd. Brno: Era group spol s r.o., 2007. 92 s. ISBN 978-80-7366-103-8
- [2] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy : principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X
- [3] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2 : principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 204 s. ISBN 978-80-247-2061-6
- [4] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. Energetické audity : zákon a praxe. [online]. Vydáno dne 29. 8. 2001. [Citováno dne 2009-03-31]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=643>
- [5] MATUŠKA, Tomáš. Dimenzování solárních soustav (II) : Příprava teplé vody. [online]. Vydáno 16.7.2007. [citováno dne 2009-03-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4238>
- [6] REINBERK, Zdeněk. Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci [online]. Vydáno 2.9.2003 [citováno dne 2009_02_8]. Dostupné z : <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=68&h=38&obor=9>.
- [7] RYŠAVÝ, Zdeněk. Porovnání výpočtu tepelných ztrát podle ČSN 06 0210 a ČSN EN 12831.[online]. Vydáno dne 9. 1. 2006. [Citováno dne 2009-04-09]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2987>
- [8] RYŠAVÝ, Zdeněk. Software pro hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky č. 148/2007 Sb. [online]. Vydáno 4.8.2008. [Citováno dne 2009-03-23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4996>
- [9] Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540 [online]. [citováno 2009-02-17]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=32&h=38&obor=7>
- [10] SVOBODA, Zbyněk. Energie 2008 : Nový nástroj pro výpočet energetické náročnosti budov. [online]. Vydáno dne 7. 7. 2008. [Citováno dne 2009-04-05]. Dostupné z : <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4944&h=262&pl=38>
- [11] Teplota sousedních nevytápěných místností dle ČSN 06 0210 [online]. [citováno 2009-02-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=29&h=38&obor=9>

	<p style="text-align: center;">Maxmilián Halata Odbor termomechaniky a techniky prostředí, Energetický ústav Vysoké učení technické Brno Posouzení energetické náročnosti rodinného domu</p>	
---	--	---

- [12] URBAN, Miroslav, KABELE, Karel, et al. Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (I). [online]. Vydáno: 3.12.2007 [citováno 2009-02-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3968>
- [13] URBAN, Miroslav, KABELE, Karel, et al. Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (II). [online]. Vydáno: 3.12.2007 [citováno 2009-02-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4517>
- [14] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit podle ČSN 06 0210 a ČSN 38 3350 [online]. [citováno 2009-02-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=25&h=38&obor=9>
- [15] Vnitřní výpočtové teploty a doporučené relativní vlhkosti vzduch dle ČSN 06 0210. [online]. [Citováno dne 2009-04-05]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=28&h=38&obor=9>
- [16] Výpočtové teploty zeminy podle ČSN 06 0210 [online]. [citováno 2009-02-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=30&h=38&obor=9>



9. Seznam použitých zkratk a fyzikálních veličin

Tabulka 19: Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
DPH	Daň z přidané hodnoty
EA	Energetický audit
ENB	Energetická náročnost budovy
NKN	Národní kalkulační nástroj energetické náročnosti budov
NP	Nadzemní podlaží
OZE	Obnovitelný zdroj energie
TV	Teplá voda
TZB	Technická zařízení budov
ZP	Zemní plyn

Tabulka 20: Seznam použitých fyzikálních veličin

Značka	Název	Jednotka
A	Plocha	m ²
A _{f,z}	Celková plocha zóny vymezená vnějšími konstrukcemi	m ²
b	Redukční činitel prvku systémové hranice zóny	-
C _{m,z}	Vnitřní tepelná kapacita zóny	MJ m ⁻² K ⁻¹
d _i	Tloušťka vrstvy konstrukce	m
F	Korekční činitel rámu průsvitného prvku	-
g	Prostupnost solární radiace pro kolmý dopad solární radiace	-
n _{p,z}	Počet osob v zóně	
P	Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného vnějšího objemu zóny	%
P _{H,sys,p}	Instalovaný příkon čerpadel systému vytápění	W
P _{W,p,sys}	Instalovaný elektrický příkon čerpadel systému přípravy TV	W
q _w	Roční potřeba teplé vody	m ³ rok ⁻¹
R _N	Tepelný odpor konstrukce	m ² K W ⁻¹
R _{se}	Tepelný odpor na vnější straně konstrukce	m ² K W ⁻¹
R _{si}	Tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce	m ² K W ⁻¹
U	Součinitel prostupu tepla	W m ⁻² K ⁻¹
U _f	Součinitel prostupu tepla rámem okna	W m ⁻² K ⁻¹
U _g	Součinitel prostupu tepla průsvitnou částí konstrukce (sklem)	W m ⁻² K ⁻¹
U _w	Součinitel prostupu tepla oknem	W m ⁻² K ⁻¹
V _{a,z}	Vnější objem zóny	m ³
η _{H,ctl,sys}	Účinnost regulace zdroje energie	%
η _{H,sys}	Účinnost výroby energie zdrojem	%
η _{W,sys,dis}	Účinnost příslušného systému distribuce TV	%
η _{W,sys,em}	Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému přípravy TV	%
θ _{H,h}	Teplota teplé vody ve zdroji přípravy	°C
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W m ⁻¹ K ⁻¹



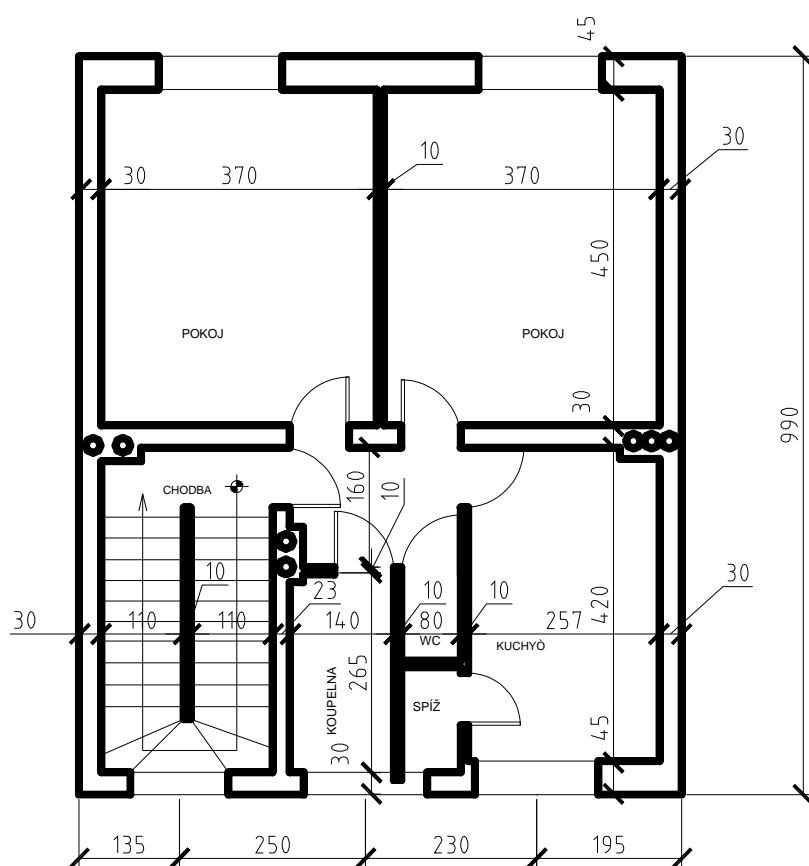
10. Seznam příloh

Elektronická příloha č. 1 na přiloženém CD.

Příloha č. 2: výkresová dokumentace.



11. Příloha č. 2: Výkresová dokumentace



Název celku	Měřítko	
Bakalářská práce	M 1 : 100	
Název výkresu	Formát	Číslo výkresu
Řez 1. a 2. NP	A 4	3

